

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УРАЛЬСКИЙ ЛЕСНОЙ ТЕХНОПАРК
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ 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
АССОЦИАЦИЯ УРАЛЬСКИХ МЕБЕЛЬЩИКОВ**

ДЕРЕВООБРАБОТКА:

ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ, МЕНЕДЖМЕНТ XXI ВЕКА

**ТРУДЫ
V МЕЖДУНАРОДНОГО
ЕВРАЗИЙСКОГО СИМПОЗИУМА**

УДК 674
ББК 37.13
П99

Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. Труды V международного евразийского симпозиума / Под научной ред. В.Г. Новоселова – Екатеринбург, 2010. – 310 с.

ISBN 978-5-94984-314-7

П99 В книгу трудов включены доклады V международного евразийского симпозиума “Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века”, проходившего с 25 по 28 мая 2010 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.

УДК 674
ББК 37.13

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., Плышевский М.В.

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., Копнов В.А., Гороховский А.Г., Часовских В.П., Черемных Н.Н., Чернышев О.Н., Василенко Л.В., Юрьев Ю.Л.

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

Ответственный за выпуск сборника Новоселов В.Г.
Компьютерная верстка Щепочкина С.В.
Дизайн обложки Газеева М.В.

ISBN 978-5-94984-314-7

© ГОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2010

К УЧАСТНИКАМ СИМПОЗИУМА И ВЫСТАВКИ

Уважаемые коллеги!

Уральский государственный лесотехнический университет (УГЛТУ) – крупный образовательный и научный центр лесного комплекса Урала. **В мае 2010 года УГЛТУ отмечает 80-летие.** На протяжении этих лет университет выступает локомотивом развития лесопромышленного комплекса региона, активно внедряя инновационные программы обучения. Инновационный подход в образовании и подготовка специалистов должна отвечать требованиям реального сектора экономики и стратегическим сотрудничеством университета с министерствами, ведомствами, предприятиями и учреждениями Свердловской области, что обеспечивает финансовую устойчивость и возможность трудоустройства выпускников.

Ярким примером такого органического синтеза стал Уральский лесной технопарк, который используется как полигон для формирования и апробации новейших технологий и дальнейшей реализации их на предприятиях региона.

После выхода Федерального закона об инновационной деятельности в технопарке началось создание малых инновационных предприятий (МИП), основанных на запатентованных научных разработках университета. Это ООО «Бином», ООО ИНЦ «Инлестех», ООО «Тензоскоп» и др. Планом развития технопарка на 2010—2012 годы предусматривается организация еще десяти МИП на основе сформированного портфеля научных разработок, защищенных патентами УГЛТУ.

Университетом создана единая система многоуровневой непрерывной подготовки специалистов. Обучение ведется по 37 специальностям и направлениям высшего профессионального образования и 19 — послевузовского. Разработан набор программ дополнительного образования, а также организованы курсы повышения квалификации и профессиональной переподготовки.

Аудитории и лаборатории университета оснащены современным учебным и научным оборудованием, которое постоянно пополняется. К своему юбилею вуз подходит с достойной материально-технической базой. УГЛТУ сегодня полон сил, его научный, человеческий и инновационный потенциал динамично развиваются, а работоспособность и результативность внушают уважение. У нас трудятся почти 500 преподавателей, среди которых около 300 имеют ученые степени и звания. Главным показателем научной активности являются, конечно, конкретные исследования и разработки фундаментального и прикладного характера. За 80 лет из стен вуза вышли более шестидесяти тысяч дипломированных специалистов, многие из которых стали руководителями министерств и ведомств, предприятий и учреждений различных отраслей промышленности страны. Впереди у Уральского государственного лесотехнического университета новые задачи по продвижению отрасли к передовому развитию, основанному на знаниях современного поколения лесопромышленников.

В данных условиях Уральский государственный лесотехнический университет, является важнейшим «звеном», обеспечивающим научное, инновационное и кадровое сопровождение динамичного развития лесопромышленного комплекса региона, а III Евро-Азиатский лесопромышленный форум - это союз правительства области, представителей науки и бизнеса, который поможет решить проблемы, назревшие в лесопромышленном комплексе.

Желаю участникам форума успехов и плодотворной работы.

*Ректор Уральского государственного лесотехнического университета, профессор
В.А. Азаренок*

Проблемы менеджмента и конкурентоспособности предприятий лесного комплекса в условиях современного кризиса

Катаев Е.Н. (ПК «Прогресс», г. Пермь, РФ),
Кузьмина М.В. (УГЛТУ, Екатеринбург, РФ)

ДОПОЛНЕНИЯ К КОДЕКСУ МАЛОГО ЛЕСНОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА *SUPPLEMENT TO THE CODE OF SMALL-SIZED ENTERPRISES IN FOREST-BASED INDUSTRIES*

Малое предпринимательство постепенно укореняется в лесопромышленном производстве, однако его эффективность зачастую далека от позитивных ожиданий. Десятилетний опыт работы в лесном бизнесе одного из авторов данного материала дает право сформулировать ряд принципиальных положений, которые будут полезны начинающим предпринимателям.

Авторы не претендуют на аксиоматичность выводов, но уверены в их актуальности для предпринимателей, открывших свое дело в крупном городе многолесного региона страны. Выдвинутые положения конкретизируют рекомендации для предпринимателя, своего рода негласный «Кодекс правил» при организации собственного бизнеса.

Одно из основных наших утверждений таково – малое лесопромышленное предприятие должно быть комбинированного типа. Для достижения коммерческой выгоды состав производств на предприятии должен обеспечивать полную переработку древесного сырья. Курс на безотходность в производственной деятельности предопределяет низкий по сравнению с конкурентами уровень себестоимости продукции.

Но такой подход к организации бизнеса сопряжен со значительными затратами долговременного характера, а финансовые ресурсы всегда ограничены. Поэтому предваряет открытие собственного дела поиск сподвижников, сотоварищей по бизнесу, которым доверяешь как самому себе. Укрупнение капитала выгодно во всех отношениях. Проще решаются все процедурные проблемы при организации малого предприятия; снижаются накладные расходы в себестоимости продукции; менее весома в затратах на продукцию оплата услуг юристов и других сторонних специалистов.

Партнеры по лесному бизнесу должны быть не только соучредителями предприятия со своей долей в уставном капитале, но и менеджерами, активно участвующими в производственном процессе, сбытовой и финансовой деятельности. Когда учредители занимают ключевые позиции в аппарате управления предприятием, то они оперативно реагируют на любые коллизии в деятельности всех структурных подразделений и коллективно вырабатывают оптимальные управленческие решения.

На стартовом этапе малого предпринимательства, исходя опять из условия ограниченности финансовых и производственных ресурсов, рациональнее арендовать подходящие для организации бизнеса площади, чем приобретать их в собственность. С 2008 года эта проблема решается относительно просто. В промышленных центрах предложение по аренде коммерческой недвижимости явно превышает спрос. В даль-

нейшем, после достижения режима финансовой устойчивости предприятия, вероятны варианты приобретения права собственности на арендуемое имущество.

Особо, о деловых контактах в сфере малого лесного предпринимательства. Пока они носят такой, мягко говоря, недостаточно цивилизованный характер, что предпринимателю целесообразней вступить в деловые отношения только при решении проблемы обеспечения сырьем.

В настоящее время на периферии очень много индивидуальных предпринимателей, специализирующихся на заготовке древесины, как следствие в их среде сформировалась достаточно жесткая конкуренция. В радиусе 150 км от г. Пермь за приемлемую цену можно приобрести пиловочное сырье высокого качества в нужных объемах.

Но, с другими предпринимателями в кооперацию пока лучше не вступать (в части распиловки давальческого сырья, организации сушки пиломатериалов, изготовления черновых мебельных заготовок, фрагментов мебели и т.д.). Постоянный перенос сроков выполнения заказов смежниками, неудовлетворительное качество работ, неизменно возникающие в процессе выполнения задания финансовые претензии инфляционного характера, попытки «перехватить» бизнес в свои руки, делают такое сотрудничество не только не выгодным экономически, но и опасным.

Самостоятельность при решении всего комплекса задач – гарантия успеха при минимальном расходовании материальных ресурсов и нервной энергии предпринимателя.

Отдельно подчеркиваем важность соблюдения такого правила – каждый хозяйственный шаг необходимо предварять инженерными и организационно-экономическими расчетами. При этом важно избегать оценки по сиюминутной выгоде, а ориентироваться на положение дел в перспективе. Например, прорабатывая варианты развития своего паросилового хозяйства в связи с расширением производства, получили результат – выгодно использовать газовые котельные установки. Но расчеты на перспективу привели к другому выводу – при росте цен на газ в 1,6 раза и более (что следует из государственной программы по энергосбережению) целесообразнее переводить все котлы на твердое топливо, используя отходы собственных деревообрабатывающих производств.

Реализация вышеуказанных принципов в практической сфере малого предпринимательства позволила ПК «Прогресс», хотя и сократив объемы производства, закончить 2009 год с минимальной рентабельностью, сохранить финансовую устойчивость и создать предпосылки для дальнейшего стабильного развития предприятия.

Набиева Ю.Р. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) nab_y2009@inbox.ru

ВЕРОЯТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ ЗАРУБЕЖНОЙ ПЕЧАТИ) WORLD TRENDS IN WOOD UTILIZATION

Россия занимает ведущие позиции по большинству показателей обеспеченности лесными ресурсами (лесопокрытая площадь, площадь эксплуатационных лесов, запасы древесины и т.д.). Вместе с тем эффективность использования лесных ресурсов существенно ниже, чем в развитых странах (США, Канада, Швеция, Финляндия). Более то-

го, в последние годы, наметилось отставание по объему заготовки древесины и от ряда развивающихся государств, (Китай, Индия, Бразилия, Индонезия)[1].

Прошедшие в 1990-х годах в лесной отрасли процессы приватизации не привели к однозначно положительным результатам. В лесозаготовительной отрасли потеряно более 60% производственных мощностей; разрушена технологическая система связей между субъектами лесного сектора и смежных с ним отраслей, нерационально используется заготовленная древесина (более 50% составляют не востребуемые отходы, образующиеся на разных стадиях технологического процесса)[2].

Мировая практика компаний, работающих в лесном бизнесе, свидетельствует, что эффективность производства обеспечивается за счет максимально глубокой переработки сырья при изготовлении всего ассортимента продукции. Исходя из специфики и состояния лесного сектора России, при научном обосновании оптимизации структуры отрасли в России нужно следовать принципу общего взаимодействия и координации лесных предприятий при комплексном использовании древесного сырья[3].

Комплексное использование лесных ресурсов предусматривает утилизацию всей органической массы дерева, включая древесные отходы, образующиеся в процессе заготовки древесины и ее переработки. Но утилизация древесных отходов всегда являлась большой проблемой для руководителей предприятий. Древесные отходы образуются в большом количестве практически на всех стадиях технологического процесса: лесозаготовка — лесопиление — деревообработка, а их вовлечение в хозяйственный оборот затруднено.

В России проблема утилизации древесных отходов относится к числу наиболее актуальных, так как в настоящее время при существующих методах уровень переработки древесины в задействованных технологических процессах низок. Так, например, из 60 млн. м³ ежегодно образующихся отходов на лесопиление приходится почти три четверти, которые, как правило, не вовлечены в хозяйственный оборот[4].

Согласно публикациям лесозаготовительной литературы, зарубежный рынок изделий из низкосортной древесины и отходов прогрессивно развивается, чего, к сожалению, не скажешь о России. В странах Европы в 1955 г. использованные отходы составляли лишь 5% от общего объема распиленного сырья; в 1960 г. этот показатель удвоился, а в 1964 г. составил уже 20%[5].

К 2000 году в деревообрабатывающей промышленности зарубежом накоплен большой опыт разработки и реализации многочисленных технологических проектов по переработке древесного сырья в основном по трем направлениям: а) на строительные материалы; б) как источник сырья для производства химических продуктов; в) как топливо. Древесные отходы стали основой для производства эффективных заменителей деловой древесины, экономичных материалов и изделий. Также отходы используют в промышленности строительных материалов, (различные конструкционно-теплоизоляционные и отделочные материалы, двери, окна и др.). Большой интерес представляет разрабатываемая в последнее время новая технология преобразования кусковых отходов лесопиления в однородную древесноволокнистую фракцию, области дальнейшей переработки которой практически не ограничены [6]. На основе анализа зарубежной информации в табл. 1 представлены направления использования древесных отходов.

Таблица 1 – Использование древесных отходов для производства инновационных продуктов*

Виды продуктов	Основные страны производители	Сырьё	Основные направления использования	Примечание
1	2	3	4	5
Плиты OSB	США, Канада, Германия	Отходы, образующиеся при лущении шпона	Используется в строительной индустрии; производство тары и упаковки; мебельная промышленность	Производство плит OSB впервые основано в 1978 г.
«Дендролант»	Германия	Отходы лесопиления	Строительный рынок, производство мебели, изготовление беговых лыж	Данных о периоде организации производства в печати нет
Клееная древесина	Норвегия, Швеция	Отходы шпона	Строительство	
Наполнитель (в состав каустического магнезиального цемента для полов)	США, Германия	Древесные опилки и кора	Строительство	
Добавка к материалам из гипса	США	Древесные опилки и кора	Строительство	
Плиты из коры без связующих	США	Кора	Строительство	
Верцалит	Германия, США, Англия, Франция, Канада	Кусковые отходы и смола, опилки определённого сорта	Строительство и отделка, для изготовления панелей подоконных досок, опалубочных форм, дверей и других изделий	Промышленное производство верцалита организовано в 1956 г.
Велокс	Германия	Измельчённые отходы еловой древесины	Изготовление стеновых панелей	Год освоения производства 1956 г.
Дюризол	Швейцария	Станочная стружка от мебельного производства	Стеновые панели, плиты покрытий, пустотные блоки	Производство основано в 1930 г.
Термодин (лингопласт)	Германия	Мелкие отходы деревообрабатывающих цехов	Строительство, производство мебели	Данных о периоде организации производства термодина в печати нет

*Примечание: по материалам зарубежных научных публикаций.

Как следует из табл. 1, проблему вовлечения древесных отходов в хозяйственный оборот в течение 60 лет систематически и планомерно решают за рубежом. Спектр изделий, изготовленных из древесного сырья, неуклонно расширяется.

К сожалению, в России лесная отрасль в части полного использования древесного сырья не столь успешна. О многих видах изделий из древесных отходов (табл. 1) не имеют представления отечественные специалисты.

Большинство НИОКР по проблеме использования древесного сырья в РФ из-за отсутствия финансирования свернуты. Предприниматели не приобретают у зарубежных фирм лицензии на производство хорошо зарекомендовавших себя изделий на древесной основе.

В результате Россия до сих пор не прошла II этап лесопотребления, который является промежуточным перед выходом страны на передовые рубежи в лесопромышленном производстве.

Библиографический список

1. http://www.raexpert.ru/researches/lesprom/lpk2002/part_4_3/.
2. Первый лесопромышленный портал - www.wood.ru.
3. <http://les.lesprom.com/research/469/>.
4. Переработка древесных отходов - <http://pererabotkaothodov.com>.
5. www.bibliotekar.ru/spravochnik-99-drevesina/40.htm.
6. http://www.science-bsea.bgita.ru/2007/les_2007/juravleva_osnov.htm.

Першин В.П. (ПК «Зенит», г. Екатеринбург, РФ)

РАБОТА ПРИ АРЕНДЕ ЛЕСОВ **PROBLEMS OF FOREST RENTING**

Двухлетний опыт деятельности лесопромышленного предприятия в условиях, вытекающих из аренды лесов по Лесному Кодексу РФ (2006 г.), дает право автору сделать определенные обобщения.

Многочисленные опасения, высказанные представителями лесной науки и практиками лесохозяйственного производства в ходе обсуждения законопроекта «Лесной Кодекс РФ» (2001-2006 гг.), по мнению производителей оказались надуманными.

Длительная аренда лесов, в отличие от системы аукционов, приносит плановые начала в работу промышленного предприятия. На ближайшую перспективу во многом predeterminedены годовой объем лесозаготовок и условия их выполнения; качественно-количественные характеристики вовлекаемых в хозяйственный оборот участков лесфонда; выход сортиментов и их породный состав; ресурсы низкосортной трудно реализуемой древесины и отходов.

Вся вышеизложенная информация носит ключевой характер по выработке системы мероприятий, нацеленных на повышение эффективности всех сторон промышленной деятельности.

Хотя 2009 год оказался по известной всем причине сложным, тем не менее предприятие ПК «Зенит» своевременно выполнило в основном объемы лесохозяйственной деятельности, предписанные договором аренды лесов.

Задание по противопожарным мероприятиям выполнено на 100%; по устройству минерализованных полос – на 100%; по содействию естественному возобновлению – на 118,5%, по уходам за лесными культурами – на 100%; по созданию лесных культур – 100%.

По согласованию с областным управлением лесного хозяйства задание по рубкам ухода в молодняках выполнено только на 57%, а проходные рубки вообще не проведены. Причина – трудности с реализацией древесины в кризисном 2009 году. Достигнута договоренность, что при улучшении ситуации на региональном товарном лесном рынке объем проходных рубок предприятие наверстает в 2011 – 2012 г.г.

Действуя в условиях аренды, хотя и сократив масштабы производства, предприятие выстояло в период финансового кризиса и сохранило свою финансовую устойчивость.

Но тем не менее проявились по моему мнению и изъяны нового лесного законодательства.

Работа по охране лесов от пожаров четко не регламентирована, а это приводит к параллелизму, дублированию в действиях разных хозяйствующих субъектов и организаций, развернувших своё производство практически на одной и той же территории. В результате чрезмерные зачастую ни чем не оправданные затраты на общее нужное дело.

Работа по противопожарной профилактике и тушению пожаров должна быть централизована на уровне муниципальных образований или государственных унитарных предприятий.

Заинтересованным организациям и предприятиям целесообразней выделить единой службе целевые денежные средства.

Важным экономическим стимулом для арендаторов, только развёртывающим свой лесной бизнес, был бы зачет затрат на лесохозяйственные работы при внесении арендной платы, так как в период кризиса финансирование лесохозяйственных мероприятий является очень весомой нагрузкой для предпринимателя.

Сохранить финансовую устойчивость малым лесным предприятиям в кризисные периоды способствовала бы и свобода маневра при выполнении лесохозяйственных функций. Речь идет о возможности переноса срока выполнения определенных видов лесохозяйственных работ с одного года на другой /в зависимости от стечения обстоятельств/.

Желателен для предпринимателя и маневр в части размера годового пользования лесом. Если товарный лесной рынок перенасыщен изделиями из древесины, то действовать ради достижения планового задания по договору аренды лесов в ущерб собственным экономическим интересам абсурдно.

Существующий в настоящее время порядок выделения льготникам лесных участков для заготовки древесины на строительные нужды и дрова негативно влияет на экономику лесных предприятий. Факты свидетельствуют, что нередко льготники не пускают древесину в дело, а реализуют деловые сортаменты по демпинговым ценам. В результате на локальном рынке лесопродукции происходит падение цен. Считаю, что муниципальные органы власти должны контролировать целевое расходование древесины льготниками. Тогда не будет излишних колебаний уровня цен на лесоматериалы.

Ощущают арендаторы и сверхжесткую регламентацию своей деятельности в арендованных лесах. Ликвидация последствий частичного «вывала» деревьев в непогоду; удаление опасных деревьев у трасс лесовозных дорог; и тому подобное требует многочисленных согласований и оформления большого количества разрешительных документов.

Сто раз подумаешь: «Стоит ли из-за всей этой канители наводить элементарный порядок в лесу». Наверное, в таких случаях рациональней упростить порядок получения декларации.

Безусловно, у других арендаторов лесного фонда также есть много дельных соображений об оптимизации своих действий в условиях аренды лесов. Они должны быть собраны, изучены и обобщены для выработки научных рекомендаций по ведению лесного дела в арендованных лесах.

Угрюмов Б.И., Сорокин Д.А., Угрюмова С.Н.
(ГОУ ВПО БрГУ, г. Братск, РФ) ugrum21@yandex.ru

ИНВЕСТИЦИОННОЕ СТИМУЛИРОВАНИЕ КАК ОДИН ИЗ РЕШАЮЩИХ ФАКТОРОВ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

INVESTMENT STIMULATION AS A KEY DEVELOPING FACTOR FOR FOREST-BASED INDUSTRIES

Начиная с 2000 года, в России складываются благоприятные условия для работы и развития промышленных предприятий. Практически во всех отраслях наблюдается положительная динамика производственных показателей: рост объемов производства, улучшение качества продукции; стабилизируется финансовое состояние предприятий. Рыночные производственные новации наложили свой отпечаток на формирующиеся современные производственные, социальные отношения в стране.

Лесная промышленность постепенно выходит из затянувшегося кризиса. Предприятия лесного комплекса ежегодно увеличивают объемы лесозаготовок и переработки древесины на 10-15%.

Реставрация лесозаготовительного производства Иркутской области в значительной степени связана с возможностью выхода на международный рынок лесопроductии как крупных и средних, так и более мелких предприятий. Достаточно развитая система железных дорог, географическое положение области располагает к налаживанию контактов с зарубежными партнерами из Китая, Японии и других стран азиатско-тихоокеанского региона. Особо необходимо отметить ведущую роль в данном процессе появившегося слоя предпринимателей – лесопромышленников и квалифицированных работников в сфере менеджмента. Однако, происходящее носит, в преобладающей части, спонтанный, нерегулируемый характер. Пока, в большей части единственным положительным критерием является восстановление объемов производства.

Мировая практика убедительно свидетельствует, что в рыночных условиях конкурентоспособными оказываются лишь те хозяйствующие субъекты, которые ведут ин-

тенсивную инвестиционную и инновационную деятельность, систематически осваивают последние научно-технические достижения, позволяющие снижать издержки производства и повышать производительность труда. В экономике любого предприятия инвестиции играют ведущую роль. Они дают возможность обновления основных средств, расширения действующих предприятий и их технического перевооружения, внедрения более совершенной технологии и новых материалов, повышения качества и ассортимента продукции, ее конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках, совершенствование управления производством, снижения себестоимости продукции, повышения прибыли и рентабельности предприятия и других целей.

Источниками реальных инвестиций являются:

1. Собственные финансовые средства предприятия (прибыль, накопления, амортизационные отчисления и т.п.), а также иные виды (основные фонды, земельные участки и т.п.). Применительно к отрасли данный источник инвестирования реально может быть использован в леспромпхозах, входящих в структуру крупных лесоперерабатывающих объединений. Для средних и мелких предприятий осуществление инвестиций таким способом проблематично в связи с невысоким уровнем рентабельности, обусловленной в частности, действующей налоговой системой.

2. Ассигнования из федерального, регионального и местных бюджетов. Инвестиции по данному источнику в настоящее время возможны только теоретически по причине ограниченности финансовых средств в федеральном, региональном и местном бюджетах. Здесь возможно создание условий для формирования на предприятии необходимых накоплений (снижение налоговой нагрузки, таможенных пошлин, железнодорожных тарифов и т.п.).

3. Иностранные инвестиции, предоставляемые в форме финансового или иного участия в уставном капитале совместных предприятий, а также в форме прямых вложений иностранных организаций, государств, предприятий. Такие инвестиции сегодня единичны. Низкая активность зарубежных инвесторов объясняется недостаточностью гарантий сохранности вложенных средств.

4. Различные формы заемных средств, в том числе кредиты, предоставляемые государством на возвратной основе, кредиты банков. Кредитование лесопромышленных предприятий банками проводится по двум вариантам: краткосрочное в оборотные средства – освоено и широко применяется в отношении успешно функционирующих предприятий; долгосрочное в инвестиционные проекты – предоставляются редко и только под надежное обеспечение или под грамотно разработанные прошедшие экспертизу проекты.

В рамках концепции развития лесопромышленного комплекса Иркутской области на 2006-2015 годы обозначен ряд факторов, которые сдерживают развитие лесопромышленного комплекса Иркутской области. Во-первых, это значительная удаленность основных рынков сбыта. Во-вторых, недостаточно глубокая обработка древесины и низкий уровень использования отходов лесопиления. В-третьих, недостаточное инвестирование в лесной сектор. В-четвертых, сезонность работ и плохо развитая дорожная сеть. Кроме того, к негативным факторам относится и увеличение незаконных рубок, и рост теневого лесного бизнеса (по некоторым оценкам, около 20% всей заготовленной древесины).

Планируется, что реализация Концепции пройдет в два этапа – до 2010 года и до 2015 года. На первом этапе предполагается финансовое оздоровление предприятий, повышение инвестиционной привлекательности лесного сектора Иркутской области. На втором – реализация основных инвестиционных проектов, в частности строительство новых целлюлозно-бумажных комбинатов. На реализацию всех мероприятий потребуются инвестиции в объеме около 60 млрд. рублей. Как рассчитывают разработчики документа, благодаря реализации концепции ежегодные налоговые отчисления в бюджеты всех уровней составят 9 млрд. рублей.

Привлечение инвестиционных средств администрацией Иркутской области под строительство новых мощностей при условии их выполнения окажет влияние на развитие лесопромышленного комплекса. Однако на территории области существует много средних и мелких лесных предприятий, которые нуждаются в инвестиционных ресурсах. Некоторые предприятия в настоящее время заняты активным поиском источников инвестиций и привлекают их не только восстановления стоимости основных средств, но и технического перевооружения, внедряя в производство более совершенную технику и технологии (John Deer, Niger Cat), строительства новых мощностей по лесопилению с использованием современного оборудования; организации лесохозяйственного процесса в арендованных лесосырьевых базах, строительства и поддержания в надлежащем состоянии лесовозных дорог и дорог лесохозяйственного назначения. Не следует забывать и о социальной направленности таких предприятий. Как правило, успешно функционирующие, содержат лесные поселки, оказывают спонсорскую помощь социальной инфраструктуре (школы, больницы, проведение различных праздничных мероприятий и т.п.). Именно на такие предприятия, прежде всего, должно быть обращено внимание государственных региональных структур и местных органов власти. Необходимо создавать условия для инвестиционного процесса динамично развивающимся предприятиям средствами инвестиционного стимулирования на основе организации делового сотрудничества между органами власти и хозяйствующими субъектами.

Инвестиционное стимулирование лесных предприятий должно строиться на диалоге, не ограничиваться рамками действующего инвестиционного законодательства, которое, в свою очередь, требует совершенствования.

В настоящее время инновационным центром «Сиблесресурс», созданным на базе Братского государственного университета, совместно с рядом лесопромышленных предприятий проводится научно-исследовательская работа, целью которой является обоснование концепций инвестиционного развития данных предприятий, включающая сбор и обработку материалов для подготовки и составления проекта, разработку и обоснование путей перспективного развития, моделирование технологических процессов лесопереработки и выбор схемы развития предприятия.

Результатами проведения исследований станут предложения по стимулированию предприятия и обоснование направлений взаимовыгодного сотрудничества лесопромышленных предприятий с органами исполнительной власти Иркутской области, местными органами власти.

Ярослав Мартинек, Павел Мауэр

*(Университет имени Менделя в Брно, Учебное лесное предприятие
Масариков Лес, Кржтины, Чешская Республика)*

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИН,
ВЫПУСКАЕМЫХ В УЧЕБНОМ ЛЕСНОМ ПРЕДПРИЯТИИ
МАСАРИКОВ ЛЕС, КРЖТИНЫ
УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ МЕНДЕЛЯ Г. БРНО**
*GREEN USING MACHINERY PRODUCED IN TRAINING FOREST
ENTERPRISE MASARICOV WOODS*

Учебное лесное предприятие Масариков Лес Кржтины (УЛП) является организационной составной частью Университета имени Менделя в Брно (УМ) и специальным учреждением, прежде всего, его Лесного факультета. С момента своего основания УЛП выполняет три основные функции:

- в первую очередь, в рамках педагогической и научной деятельности представляет собой практическую базу для студентов специальностей «лесоводство», «ландшафтная архитектура», «деревообработка», а для преподавателей вузов создает условия для решения их педагогических, научно-исследовательских и производственных задач,

- стремясь стать одним из передовых субъектов отрасли, обеспечивает надлежащее ведение хозяйства на имуществе университета,

- служит широкой общественности, используя при этом свои нестандартные сооружения для отдыха и богатство, предоставляемое остальными функциями леса, а также реализует специальные проекты, как например, «Лесная школа Озерко», или культурная и общественная деятельность в замке Кржтины.

Лесные участки УЛП занимают площадь 10200 га и образуют сплошной комплекс, непосредственно соседствующий с северной окраиной моравского центра – города Брно. Леса находятся на высоте над уровнем моря от 210 до 575 м и отличаются значительным богатством природных условий, которое предназначило их для основания учебного участка университета. На этой относительно малой территории, где преобладают смешанные насаждения, в которых, в свою очередь, 46 % приходится на хвойные породы и 54 % - на лиственные, встречается 116 типов лесонасаждений в четырех лесных степенях растительности. Определяющими факторами являются среднегодовая температура 7,5 °С и годовая норма осадков, достигающая всего лишь 610 мм. Рельеф местности очень расчлененный, с выразительными, глубокими долинами и желобами, которые находятся особенно вдоль реки Свитавы и Кржтинского ручья. Геологическая подошва образована гранодиоритом, кульмскими вакками и известняком, вследствие чего одна треть предприятия расположена в заповедной местности Моравский карст.

Традиция УЛП заключается в первую очередь в использовании более тонкого подхода хозяйства с использованием естественного возобновления. Большого успеха достигается особенно в области возобновления насаждения бука групповой рубкой за-слонкой, которая переходит в рубку по окраине. Естественное возобновление удаётся и в насаждениях дуба на кислых местах в насаждении пихты. Интенсивное хозяйство в

лесных насаждениях требует и хорошую транспортную доступность. В этом направлении привлекает внимание новая концепция лесной транспортной сети, которая включает отделение канатных и тракторных местностей вставлением лесных дорог на границе этих местностей.

УЛП для обеспечения своей деятельности имеет кроме лесного классического производственного подразделения, то есть участка лесничества и лесного питомника, также специализированные подразделения, которыми являются автомастерские, склад лесоматериала и строительный центр. Для дальнейшей переработки сырого лесоматериала после лесозэксплуатации имеется заново построенный лесопильный завод, включая линию манипуляции Балйер–Земброд, далее центр для производства деревянных строительных несущих конструкций кровли с помощью технологии стыковых планок и другое оборудование вторичной деревообрабатывающей продукции. В связи с этим необходимо указать, что УЛП уже 13 лет является владельцем сертификата по защите окружающей среды FSC для сырого лесоматериала и пиломатериала согласно сертификационной системе Вудмарк, также 5 лет - сертификата ПЕФЦ.

Одним из самых главных и интересных вопросов, который решает УЛП является исследование, развитие и продукция канатных установок Larix. Для разработки такой механизации растениеводства и лесозэксплуатации в значительной мере проявляет себя научно-исследовательский центр лесной механизации, который имеет свою научную базу. Результаты его работы – накатные лесопосадочные машины, дисковые лесные фрезы для подготовки почвы, лебедки, канатные системы и канатные установки и другие машины, которые хорошо оправдывают себя на отечественной и зарубежной практике. Особое значение имеет продукция лесных канатных установок LARIX (ЛАРИКС). Эти канатные установки, в зависимости от наклона местности и с учетом работы без повреждения лесоматериала, в последнее время находят широкое применение.

Трелевка лесоматериала является операцией технологического процесса лесозэксплуатации и транспорта, при которой возникают самые большие повреждения почвы и насаждений. Трелевка лесоматериала с помощью лесных канатных дорог по сравнению с той-же деятельностью выполняемой тракторами имеет существенные преимущества в области защиты окружающей среды. В горных областях и на болотистой местности канатные дороги часто представляют единственное реальное решение проблематики трелевки лесоматериала.

Канатная трелевка лесоматериалов позволяет:

- улучшить экологическое состояние лесов;
- расширить технологические возможности предприятий в освоении лесфонда с учетом имеющейся дорожной сети;
- применять выборочные технологии рубок с возможностью выполнения подтрелевки;
- сократить затраты на строительство лесовозных усов;
- улучшить ритмичность работы предприятий в течение года;
- значительно понижается требование к плотности дорожной сети, в случае трелевки лесоматериала с помощью канатной дороги требуется расстояние между дорогами от 800 до 1000 м, при тракторной трелевке – 100 м;

при использовании канатных дорог не повреждается лесная почва сжатием и коррозией истиранием, как в случае перемещения колесной (тракторной) техники для трелевки;

отчетлива также экономия энергии; при транспортировании лесоматериала трактором необходимо транспортировать полную собственную массу трактора до места погрузки и при работе по склону опять тормозить гравитационную составную массы машины. В результате повышенной транспортной эрозии за счет передачи сил от шин на почву, ее сжатием и трением груза о местность происходит долговременное повреждение лесного грунта. Масса каретки канатной дороги, которая способна приближать на несущем канате приблизительно одинаковый груз как универсальный колесный трактор, представляет всего несколько процентов массы трактора.

Следует подчеркнуть, что только с использованием современных канатных дорог, которые обладают способностью быстрого монтажа, автоматизированного перемещения груза и радиоуправления, можно выбрать такие экономически приемлемые рабочие процессы, при которых повреждение самосева, подроста и остающихся деревьев материнского насаждения будет минимальное.

Изготовители лесных канатных дорог, особенно из Австрии, Норвегии, Италии и Швейцарии предлагают целый ряд современных лесных канатных дорог с прогрессивной технической концепцией и заказчик сам должен сравнить преимущества и недостатки и в группу известных изготовителей включить и чешскую фирму Учебное лесное предприятие «Масариков Лес» Кржтины, который сегодня со своими канатными дорогами LARIX в Европе уже не считается незнакомым.

Технические разработки канатных дорог типа Larix 3T и KOMBI помогают бережному способу транспортирования лесоматериала в условиях селективной лесозащиты. Их особенностями являются:

для привода и перемещения используется сельскохозяйственный трактор класса минимально 45 или 70 кВт;

канатные дороги могут приближать лесоматериал в полуподвеске и в подвеске на разных местностях, классическим способом вверх по склону из насаждения к опоре канатной дороги, или наоборот от опоры вниз по склону, в чувствительных местах, особенно в заповедниках и на болотах могут приближать лесоматериал и в равнине;

установки разработаны как подвесное оборудование трактора, когда часть канатной дороги несет задняя трехточечная подвеска (опора с лебедками) и часть (запасные барабаны с циркулирующим канатом) несет передняя подвеска;

масса канатной дороги таким образом оптимально распределена на оба моста и поэтому трактор с канатной дорогой очень мобильный и на местности с плохой проходимостью;

проходимость сельскохозяйственного трактора с подвешенной канатной дорогой приближается по проходимости к лесному специальному трактору,

местность рабочего места канатной дороги не нужно приспособлять, продольный и поперечный склон местности для установки канатной дороги допускается до 15%;

дальность перемещения канатной дороги составляет до 500-800 м, грузоподъемность 3000 кг, сила тяги составляет 23 - 32 кН, масса не превышает 3500 кг;

управление по радио канатной дорогой или канатной кареткой осуществляется непосредственно из насаждения. Работник, который использует силу и способность канатной дороги ее лично управляет с общим обзором рабочего места, и то понижает опасность повреждения стоящего леса до минимума;

канатная дорога укомплектована 5 канатами – несущим, циркулирующим, подъемным, вспомогательным и монтажным;

циркулирующий канат облегчает точную настройку позиции каретки на несущем канате с возможностью изменения его позиции и одновременно изменения направления подачи груза под несущий канат;

выдвижение каната из каретки возможно на расстояние до 70 м;

целевая автоматика перемещения каретки с грузом позволяет производить настройку высоты подвески груза под кареткой;

используется более высокое монтажное напряжение несущего каната для уменьшения бокового прогиба несущего каната, причем несущий канат защищен от перегрузки;

в случае трелевки лесоматериала в особенно чувствительных местах (национальные парки) можно с помощью канатной дороги транспортировать груз в полной подвеске – подвешенный на обоих концах (каретка HORIZONT).

Производительность лесных канатных дорог зависит не только от технических параметров, но также и от квалифицированного обслуживания. Вопросы обучения обслуживающего персонала, взаимного объяснения проблем встречающихся при эксплуатации, сервису и ремонту уделяется особо важное значение.

Приемлемо и сравнение цен канатных дорог Lагіх. Покупная цена механических типов Lагіх приблизительно 1,5 – 2 раза меньше по сравнению с зарубежными канатными дорогами с аналогичными параметрами. Цена канатной дороги Lагіх с гидростатическими приводами 1,5 раз дешевле.

Лесные канатные дороги Lагіх с учетом своей универсальности могут найти применение не только на всех канатных местностях в горных и подгорных областях, но и в равнинах, где местность непроходима колесными и гусеничными тракторами. Имеются ввиду болотистые почвы, торфяная залежь, местность с крупными камнями, оврагами, зарубками морены, насаждения после наводнений и т.п.. Если учесть критерии управляемости тракторами на склонах и моментальную несущую способность грунта, доля «местностей канатных дорог» с экологической точки зрения может еще нарастать. Применение канатных дорог позволит расширить сезон лесозаготовок в округе при соблюдении всех экологических требований.

Эксплуатация лесных канатных дорог на болотистой местности имеет целый ряд своих специфических проблем, из них самыми серьезными считаются следующие:

- Сеть твердых транспортных дорог в большинстве крупнейших болотистых областей обладает недостаточной плотностью ниже 10 пм/га. С помощью канатной дороги лесоматериал приближается к мягкой транспортной дороге и потом нужен его дальнейший транспорт с помощью тракторов.

- Из-за приемлемых финансовых затрат нужно лесоматериал от канатной дороги удалять в виде целых стволов. Производство сортаментов в насаждении исключено.

- Повышенные требования к техническим параметрам канатной дороги, особенно в области грузоподъемности и тяговой силы.

- Если в горах выбираются по возможности такие рабочие позиции канатной дороги с таким профилем местности трассы, где нет необходимости устанавливать проездные опоры, на равнинной местности, из-за провисания несущего каната, без строительства опор нельзя обойтись и их нужно подвешивать на деревья на расстоянии по 100-150 м. Строительство каждой опоры занимает приблизительно 2 часа физически трудоемкой работы независимо от типа канатной дороги.

- Повышенные требования к дополнительному креплению всех деревьев используемых в качестве мачты или башмака из-за их пониженной стабильности в мокрой местности.

- Для составления груза в насаждении недостаточно одного работника, нужен второй. Причиной является трудное хождение на местности, где ноги проваливаются и выше колен и трудное протягивание крепежных элементов вокруг стволов, которые часто погружены в воду или в болото.

- Повышенные требования на психику персонала обслуживающего канатную дорогу из-за всегда присутствующих насекомых – комаров в летние месяцы.

Первая современная канатная дорога Larix 550 была изготовлена в 1995 году. Большая доля продукции канатных дорог LARIX предназначена для экспорта. В настоящее время (2/2008) находится в эксплуатации всего 100 шт. канатных дорог типа Larix, в том числе 29 шт. LARIX 550, 42 шт. LARIX 3T, 27 шт. LARIX KOMBI и LARIX KOMBI H, 2 шт. LARIX HYDRO. В Чешской Республике куплено 46 машин (17 Larix 550, 18 Larix 3T, 10 Larix Kombi, 1 Larix Hydro), в Словакии 41 машин (7 Larix 550, 22 Larix 3T, 11 Larix Kombi a 1 Larix Hydro), 5 машин работает в Польше, по две в Венгрии, в Испании и на Украине, 1 в России у 1 в Колумбии. Частные предприниматели с канатными дорогами Larix работают на Украине, в Франции, Австрии и Германии. В стадии переговоров находится продажа канатных дорог Larix в Белоруссию, Россию, на Украину, в Испанию, Францию и в страны Южной Америки. Большой интерес имеется также на Балканах – Босния и Герцеговина, Сербия, Хорватия, где сделке пока препятствуют финансовые и другие барьеры.

В настоящее время Учебное лесное предприятие Масарыкув лес Кржтины МУ в г. Брно выпускает и поставляет уже 5 типов канатных дорог Larix, именно Larix Kombi, Larix 550, Larix 3T, Larix Hydro и Larix Ламако, также 3 типа канатных тележек: KOS-31, Graviko и МОКО-25.

Лесное учебное предприятие Масарыков лес Кржтины, это универсальный центр, где возможно не только студентам Университета имени Менделя в г. Брно, но также иностранным студентам, заниматься лесными, экологическими, лесотехническими и деревообрабатывающими науками, практически добыть разные данные и использовать действующую базу данных для своих научных студенческих работ.

**Новые технологические решения в заготовке,
переработке и отделке древесины**

Агапов А.И. (ВятГУ, г. Киров, РФ)

**ОПТИМИЗАЦИЯ РАСКРОЯ ПИЛОВОЧНИКА БОЛЬШИХ
РАЗМЕРОВ С ВЫПИЛИВАНИЕМ ДВУХ БРУСЬЕВ И ДВУХ ПАР
БОКОВЫХ ДОСОК**

**IMPROVING EFFICIENCY OF LARGE-SIZED LOG CUTTING BY
PRODUCING TWO SQUARED BEAMS AND TWO PAIRS OF SIDE
BOARDS**

На практике иногда рекомендуется осуществлять раскрой пиловочника больших размеров брусом – развальным способом с получением двух брусьев и двух пар боковых досок [3]. Такой постав называется четным. Важно знать оптимальные размеры брусьев и досок. Для решения задачи составляем математическую модель. В качестве критерия оптимальности выбираем объемный выход брусьев и боковых обрезных досок, получаемых при первом проходе брусом-развальным способом раскря. Целевую функцию можно представить в виде суммы площадей поперечных сечений двух брусьев и двух пар боковых обрезных досок

$$Z = 2HA + 2T_1v_1 + 2T_2v_2, \quad (1)$$

где: H - высота бруса, A - ширина наружной пласти бруса, T_1, T_2 - толщины первой и второй пары боковых досок, v_1, v_2 - ширины первой и второй пар боковых досок.

Для составления уравнений связи воспользуемся теоремой Пифагора.

Взаимосвязь диаметра бревна в вершинном торце с размерами брусьев и досок можно представить следующими уравнениями

$$d^2 - 4H^2 - A^2 = 0, \quad (2)$$

$$d^2 - v_1^2 - 4H^2 - 8HT_1 - 4T_1^2 = 0, \quad (3)$$

$$d^2 - v_2^2 - 4H^2 - 4T_1^2 - 4T_2^2 - 8HT_1 - 8HT_2 - 8T_1T_2 = 0, \quad (4)$$

где: d - диаметр в верхнем торце бревна.

Полагаем, что математическая модель составлена. Для решения данной модели воспользуемся методом множителей Лагранжа. Функцию Лагранжа записываем в следующем виде:

$$L = 2HA + 2T_1v_1 + 2T_2v_2 + \lambda(d^2 - 4H^2 - A^2) + \lambda_1(d^2 - v_1^2 - 4H^2 - 8HT_1 - 4T_1^2) + \lambda_2(d^2 - v_2^2 - 4H^2 - 4T_1^2 - 4T_2^2 - 8HT_1 - 8HT_2 - 8T_1T_2) \quad (5)$$

где: $\lambda, \lambda_1, \lambda_2$ - коэффициенты (множители) Лагранжа.

Находим частные производные от функции Лагранжа и приравниваем их нулю

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial A} = 2H - 2\lambda A = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial H} = 2A - 8\lambda H - 8\lambda_1 H - 8\lambda_1 T_1 - 8\lambda_2 H - 8\lambda_2 T_1 - 8\lambda_2 T_2 = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial T_1} = 2B_1 - 8\lambda_1 H - 8\lambda_1 T_1 - 8\lambda_2 T_1 - 8\lambda_2 H - 8\lambda_2 T_2 = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial B_1} = 2T_1 - 2\lambda_1 B_1 = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial T_2} = 2B_2 - 8\lambda_2 T_2 - 8\lambda_2 H - 8\lambda_2 T_1 = 0, \\ \frac{\partial L}{\partial B_2} = 2T_2 - 2\lambda_2 B_2 = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Решаем данную систему уравнений (6) совместно с уравнениями связи.

Рассматриваем первое уравнение системы (6)

$$H = \lambda \cdot A, \quad \lambda = \frac{H}{A}, \quad A = \frac{H}{\lambda}. \quad (7)$$

Рассматриваем последнее уравнение системы (6)

$$T_2 = \lambda_2 B_2, \quad \lambda_2 = \frac{T_2}{B_2}. \quad (8)$$

Пятое уравнение системы (6) можно представить в виде

$$B_2 = 4\lambda_2 T_2 + 4\lambda_2 H + 4\lambda_2 T_1. \quad (9)$$

В уравнение (9) подставляем равенство (8), получим

$$B_2^2 = 4T_2^2 + 4T_2 H + 4T_1 T_2 = 4T_2 (H + T_1 + T_2). \quad (10)$$

Рассматриваем четвертое уравнение системы (6)

$$T_1 = \lambda_1 B_1, \quad \lambda_1 = \frac{T_1}{B_1}. \quad (11)$$

Третье уравнение системы (6) можно записать в следующем виде:

$$B_1 = 4\lambda_1 H + 4\lambda_1 T_1 + B_2. \quad (12)$$

В уравнение (12) подставляем равенство (11), получим

$$B_1^2 = 4T_1 H + 4T_1^2 + B_1 B_2. \quad (13)$$

В последнее равенство (13) подставляем второе уравнение связи (3), получим

$$B_1 B_2 = d^2 - 4H^2 - 12HT_1 - 8T_1^2. \quad (14)$$

Тогда соотношение ширин досок можно определить по формуле

$$\frac{B_2}{B_1} = \frac{d^2 - 4H^2 - 12HT_1 - 8T_1^2}{d^2 - 4H^2 - 8HT_1 - 4T_1^2}. \quad (15)$$

Из уравнения (13) можно определить ширину второй пары досок

$$v_2 = v_1 - \frac{4T_1}{v_1}(H + T_1). \quad (16)$$

Равенство (10) подставим в уравнение связи (4), получим

$$T_2^2 + \frac{3}{2}T_2(H + T_1) + \frac{1}{2}(H + T_1)^2 - \frac{d^2}{8} = 0. \quad (17)$$

Решая полученное квадратное уравнение (17), получим

$$T_2 = \frac{1}{4} \left(\sqrt{2d^2 + (H + T_1)^2} - 3(H + T_1) \right). \quad (18)$$

Рассматриваем второе уравнение системы (6), которое можно представить в виде:

$$A = 4\lambda H + v_1. \quad (19)$$

Подставив в уравнение (19) равенство (7), получим

$$A^2 = 4H^2 + v_1 A. \quad (20)$$

В равенство (20) подставим уравнение связи (2), получим

$$v_1 = \frac{d^2 - 8H^2}{\sqrt{d^2 - 4H^2}}. \quad (21)$$

Возведем обе части равенства (21) в квадрат, получим

$$v_1^2 = \frac{(d^2 - 8H^2)^2}{d^2 - 4H^2}. \quad (22)$$

В последнее равенство (22) подставим уравнение связи (3) и освободимся от знаменателя

$$(d^2 - 4H^2)T_1^2 + 2(d^2 - 4H^2)HT_1 - 2H^2(d^2 - 6H^2) = 0. \quad (23)$$

Решаем полученное квадратное уравнение (23), получим

$$T_1 = H \left(\sqrt{\frac{3d^2 - 16H^2}{d^2 - 4H^2}} - 1 \right). \quad (24)$$

Зная ширину пласти первой пары досок и используя уравнение связи (3), можно определить толщину этой пары досок по формуле

$$T_1 = \frac{1}{2} \sqrt{d^2 - v_1^2} - H. \quad (25)$$

Зная ширину и толщину первой пары досок, можно используя уравнение (16) определить ширину второй пары досок. Толщину второй пары досок можно определить используя уравнение связи (4)

$$T_2 = \frac{1}{2} \sqrt{d^2 - v_2^2} - (H + T_1). \quad (26)$$

Таким образом, рассмотрена система уравнений (6) совместно с уравнениями связи и получены формулы для определения оптимальных размеров брусьев и досок. Однако в этих формулах размеры брусьев и досок взаимосвязаны. Поэтому определить оптимальные размеры брусьев и досок по данным формулам обычным методом не представляется возможности. Для решения данной задачи воспользуемся численным

методом и определим размеры брусьев и досок по выше приведенным формулам. Алгоритм решения задачи представляется ниже.

Для облегчения расчетов и анализа результатов полученные ранее формулы представляем в относительных единицах, полагая $m_H = \frac{H}{d}$.

Относительная ширина наружной пласти бруса

$$m_A = \frac{A}{d} = \sqrt{1 - 4m_H^2}. \quad (27)$$

Относительная ширина первой пары досок

$$m_{b_1} = \frac{b_1}{d} = \frac{1 - 8m_H^2}{m_A}. \quad (28)$$

Относительная толщина первой пары досок

$$m_{T_1} = \frac{T_1}{d} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 - m_{b_1}^2} - 2m_H \right). \quad (29)$$

Относительная ширина второй пары досок

$$m_{b_2} = \frac{b_2}{d} = m_{b_1} - \frac{4m_{T_1}}{m_{b_1}} (m_H + m_{T_1}). \quad (30)$$

Относительная толщина второй пары досок

$$m_{T_2} = \frac{T_2}{d} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 - m_{b_2}^2} - 2(m_H + m_{T_1}) \right). \quad (31)$$

Относительная площадь поперечного сечения брусьев

$$Z_{бр} = 2m_H \cdot m_A. \quad (32)$$

Относительная площадь поперечного сечения досок

$$Z_d = 2m_{T_1} \cdot m_{b_1} + 2m_{T_2} \cdot m_{b_2}. \quad (33)$$

Суммарная площадь поперечных сечений брусьев и досок

$$Z = Z_{бр} + Z_d. \quad (34)$$

Расчеты выполняются в два этапа. В начале задаемся толщиной бруса с градацией 0,01 d и определяем остальные размеры брусьев и досок, а также значение целевой функции. Далее определяем диапазон толщин брусьев, при которых целевая функция принимает наибольшее значение. Затем в этом оптимальном диапазоне изменяем толщину бруса с градацией 0,001 d и определяем все размеры брусьев и досок, а также величину целевой функции. По этим данным находим максимальное значение целевой функции и оптимальные размеры брусьев и досок. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Результаты расчетов показывают, что наибольший выход пилопродукции наблюдается при толщине бруса 0,212 d. Причем, при увеличении толщины бруса объем их возрастает, а объем боковых досок уменьшается. Следовательно, предположение сделанное ранее подтверждается – имеется такое соотношение размеров брусьев и досок, при котором суммарный объем брусьев и досок становится наибольшим.

Таблица 1 – Изменение размеров брусьев и досок при изменении толщины бруса

m_H	m_A	m_{b1}	m_{T1}	m_{b2}	m_{T2}	$Z_{бр}$	Z_d	Z
0,19	0,9250	0,7689	0,1297	0,5532	0,0968	0,3515	0,3066	0,658074
0,2	0,9165	0,7419	0,1352	0,4975	0,0985	0,3666	0,2987	0,665279
0,21	0,9075	0,7131	0,1405	0,4369	0,0992	0,3812	0,2871	0,668287
0,22	0,8980	0,6824	0,1455	0,3707	0,0989	0,3951	0,2719	0,666999
0,23	0,8879	0,6496	0,1501	0,2982	0,0971	0,4084	0,2530	0,661420
0,208	0,9094	0,7191	0,1395	0,4495	0,0992	0,3783	0,2897	0,668027
0,209	0,9084	0,7161	0,1400	0,4432	0,0992	0,3797	0,2884	0,668179
0,21	0,9075	0,7131	0,1405	0,4369	0,0992	0,3812	0,2871	0,668287
0,211	0,9066	0,7102	0,1410	0,4306	0,0993	0,3826	0,2858	0,668353
0,212	0,9057	0,7072	0,1415	0,4241	0,0993	0,3840	0,2844	0,668375
0,213	0,9047	0,7041	0,1420	0,4177	0,0993	0,3854	0,2829	0,668354
0,214	0,9038	0,7011	0,1425	0,4112	0,0992	0,3868	0,2815	0,668290
0,215	0,9028	0,6980	0,1430	0,4046	0,0992	0,3882	0,2780	0,668183
0,216	0,9019	0,6949	0,1435	0,3980	0,0992	0,3896	0,2784	0,668033

Важно знать оптимальные соотношения размеров брусьев и досок при оптимальной толщине бруса $H = 0,212 d$, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Оптимальные соотношения размеров брусьев и досок и их площадей поперечных сечений

m_H	λ	λ_1	λ_2	$\frac{b_1}{A}$	$\frac{b_2}{b_1}$	$\frac{T_1}{H}$	$\frac{T_2}{T_1}$	$\frac{Z_{бр}}{Z}$	$\frac{Z_d}{Z}$	$\frac{Z_d}{Z_{бр}}$
0,212	0,234	0,200	0,234	0,780	0,60	0,668	0,70	0,5745	0,4255	0,74

Результаты таблицы 2 показывают, что $\lambda = \lambda_2$. Это значит, что отношение толщины бруса к ширине пласти его равно отношению толщины второй доски к ее ширине. Тогда можно написать

$$\frac{H}{A} = \frac{T_2}{b_2}, \quad Hb_2 = AT_2. \quad (35)$$

В этом варианте раскроя пиловочника объем брусьев получается больше, чем объем досок. Пифагорическая зона в этом случае составляет $0,905 d$.

Анализируя данные таблицы 1 можно сделать вывод, что ширина наружной пласти второй пары досок b_2 должна быть равна двум толщинам бруса - $2H$. Подставляем это соотношение в уравнение (13), получим

$$b_1^2 - 2Hb_1 - 4HT_1 - 4T_1^2 = 0. \quad (36)$$

Решаем это квадратное уравнение (36), получим

$$b_1 = 2(H + T_1). \quad (37)$$

Подставляем полученное равенство (37) в уравнение связи (3), получим

$$T_1^2 + 2HT_1 - \frac{d^2 - 8H^2}{8} = 0. \quad (38)$$

Решая полученное квадратное уравнение (38), получим

$$T_1 = \frac{d}{\sqrt{8}} - H. \quad (39)$$

Приравниваем равенство (39) и (22), получим

$$\sqrt{\frac{3d^2 - 16H^2}{d^2 - 4H^2}} = \frac{d}{\sqrt{8}H}. \quad (40)$$

Возводим обе части равенства в квадрат и производим сложение подобных членов. В результате получаем биквадратное уравнение.

$$H^4 - \frac{7}{32}d^2H^2 + \frac{d^4}{128} = 0. \quad (41)$$

Решая это уравнение получим одно значение корня удовлетворяющее требованиям задачи, которое определяется по формуле

$$H = \frac{d}{8} \sqrt{7 - \sqrt{17}}. \quad (42)$$

Таким образом, получено наиболее точное выражение для определения оптимальной толщины бруса.

Расчеты по формуле (42) показали, что оптимальное значение толщины бруса равно 0,2120176 от диаметра бревна. Для этого значения оптимальные размеры брусьев и досок будут следующими: ширина наружной пласти бруса $A = 0,906 d$; размеры первой пары досок – толщина $T_1 = 0,14155 d$, ширина $e_1 = 0,707 d$; размеры второй второй пары досок – толщине $T_2 = 0,0993 d$, ширина $e_2 = 0,424 d$.

Используя эти оптимальные соотношения расчетные размеры брусьев и досок представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Расчетные оптимальные размеры брусьев и досок

Параметры брусьев и досок	Оптимальные размеры брусьев и досок (мм) для различных диаметров бревна, в см							
	d52	d56	d60	d64	d68	d72	d76	d80
H	110,2	118,7	127,2	135,7	144,2	152,6	161,1	169,6
A	471,1	507,4	543,6	579,8	616,1	652,3	688,6	724,8
e_1	367,6	395,9	424,2	452,5	480,8	509,0	537,3	656,6
T_1	73,58	79,2	84,9	90,6	96,2	101,9	107,5	113,2
e_2	220,5	237,4	254,4	271,4	288,3	305,3	322,2	339,2
T_2	51,6	55,6	59,6	63,6	67,5	71,5	75,5	79,4

Результаты таблицы 3 показывают, что обрезные доски шириной 125...150 мм целесообразно получать из брусьев, выпиленных из бревен диаметром 60...72 см.

В этом случае боковые доски получаются толщиной 60...100 мм. Учитывая эти оптимальные размеры брусьев и досок, можно составить оптимальные поставка с получением максимально – возможного выхода пилопродукции.

Таким образом, задача решена – определены оптимальные размеры брусьев и досок получаемых при распиловке пиловочника больших размеров брусом – развальным способом с выпиливанием двух брусьев и двух пар боковых досок.

Библиографический список

1. Пижурин А.А. Основы моделирования и оптимизации процессов деревообработки: Учебник для вузов/ Пижурин А.А., Розенблит М.С. - М.: Лесная пром-сть, 1988.-293с.
2. Аксенов П.П. Теоретические основы раскря пиловочного сырья. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1960.-216с.
3. Ветшева В.Ф. Раскря крупномерных бревен на пиломатериалы. - М.: Лесная пром-сть, 1976.-168с.
4. Агапов А.И. Определение оптимальных размеров основного постава брусоразвального способа раскря бревен\ Сб.мат ВНТК «Наука-производство-технологии-экология»- Киров:ВятГУ, 2003. Том 5. ФАМ, ИСФ –с.97-98
5. Агапов А.И. Оптимизация раскря крупномерных бревен\ Сб.мат ВНТК «Наука-производство-технологии-экология»- Киров:ВятГУ, 2003. Том 5. ФАМ, ИСФ – с.99-100
6. Агапов А.И. Определение оптимального соотношения высоты бруса и диаметра бревна при брусом-развальном способе раскря бревен больших размеров\ Деп.рукопись в ВИНТИТИ г.Москва, №499-В2004 26.03.04
7. Агапов А.И. Теоретические предпосылки к расчету оптимальных размеров пилопродукции при раскря пиловочника брусом-развальным способом\ Сб.мат. Международной НТК, Уральской гос.лесотехн.университет – г.Екатеринбург, 2007. 438 с.116-119
8. Агапов А.И. Определение оптимальной зоны размеров бруса и боковых досок при брусом-развальном способе раскря пиловочника (статья)\ Сб.мат ВНТК «Наука-производство-технологии-экология»- Киров:ВятГУ, 2008. Том 4. ФАМ, ФСА 340с (с.139-140)
9. Агапов А.И. Оптимизация раскря пиловочника больших размеров\УДК 061.3:001 ББК Ч 215.16 ВНТК «Наука-производство-технология-экология» Сборник материалов. В 3т – Киров: Изд-во ГОУ ВПО Вят.ГУ, 2009, том2. ХБ, БФ, ФАМ – с.262 (с.188-191).

Арико С. Е., Мохов С. П. (БГТУ, г. Минск, РБ) sergeyariko@mail.ru

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ВАЛОЧНО-СУЧКОРЕЗНО- РАСКРЯЖЕВОЧНОЙ МАШИНЫ ESTIMATION OF HARVESTER STABILITY

Энергетический парк лесозаготовительных и лесохозяйственных предприятий Республики Беларусь долгие годы состоял из гусеничных тракторов Российского производства и агрегатных машин, созданных на их базе и предназначенных для заготовки древесины по хлыстовой технологии. В последние годы в Республике наметилась ус-

тойчивая тенденция увеличения объема рубок леса по сортиментной технологии. Учитывая данный факт, а также с целью увеличения уровня механизации лесозаготовительных работ, на отечественных предприятиях ОАО «Амкодор» и РУП «Минский тракторный завод» ведется работа по созданию новых и модернизации существующих лесозаготовительных комплексов в составе валочно-сучкорезно-раскряжевочной (харвестера) и погрузочно-транспортной (форвардера) машин (рисунок 1).



Рисунок 1 – Валочно-сучкорезно-раскряжевочная и погрузочно-транспортная машины

При создании данных лесных машин особое внимание уделяется оценке динамической нагруженности базового шасси и устанавливаемого технологического оборудования. В частности для реализации поставленной цели при создании валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины (ВСРМ) для рубок промежуточного пользования разработана математическая модель взаимодействия многооперационной лесозаготовительной машины с предметом труда в различных природно-производственных условиях (рисунок 2). Модель учитывает ранее проведенные исследования по оценке нагруженности колесных и гусеничных лесных машин оснащенных манипулятором. Следует отметить тот факт, что в рассмотренных работах должное внимание не уделяется учету возмущающих усилий возникающих от ветровой нагрузки и взаимодействия сучьев падающего и стоящих деревьев, что характерно при проведении рубок промежуточного пользования. Данные возмущения учитывались в работах Жукова А.В. [1, 2] и Асмоловского М.К. [3] при исследовании динамических процессов возникающих в процессе работы харвестерной и узкозахватной валочной машин.

В математической модели работы ВСРМ шины лесозаготовительной машины представлены в виде упругодемпфирующих элементов, расположенных перпендикулярно опорной поверхности. Горизонтально-вертикальный шарнир – в виде двух угловых обобщенных координат с упругодемпфирующими элементами, связывающими полурамы энергетического и технологического модулей. Металлоконструкция полурам принимается жесткой с соответствующими сосредоточенными массами M_1 и M_2 . Колебания базового шасси рассматриваются как малые. Математическая модель стрелы и рукояти манипулятора представляется в виде двойного маятника с вязкоупругими шарнирами и колеблющейся точкой крепления стрелы [4]. Масса технологического оборудования представляется в виде отдельных дискретных масс, приведенных к характерным точкам [5]. При этом базовое шасси лесозаготовительной машины рассматривает-

ся в виде двух, а манипулятор в виде трех сосредоточенных масс. Связь между элементами, входящими в динамическую модель, описывается восьмью степенями свободы, которые позволяют рассмотреть процесс работы машины с учетом вертикальных, поперечных и продольных колебаний. Особенностью модели является представление работы харвестера в пространстве, что способствует рассмотрению динамической нагруженности харвестерной машины при расположении технологического оборудования в любой точке рабочей зоны.

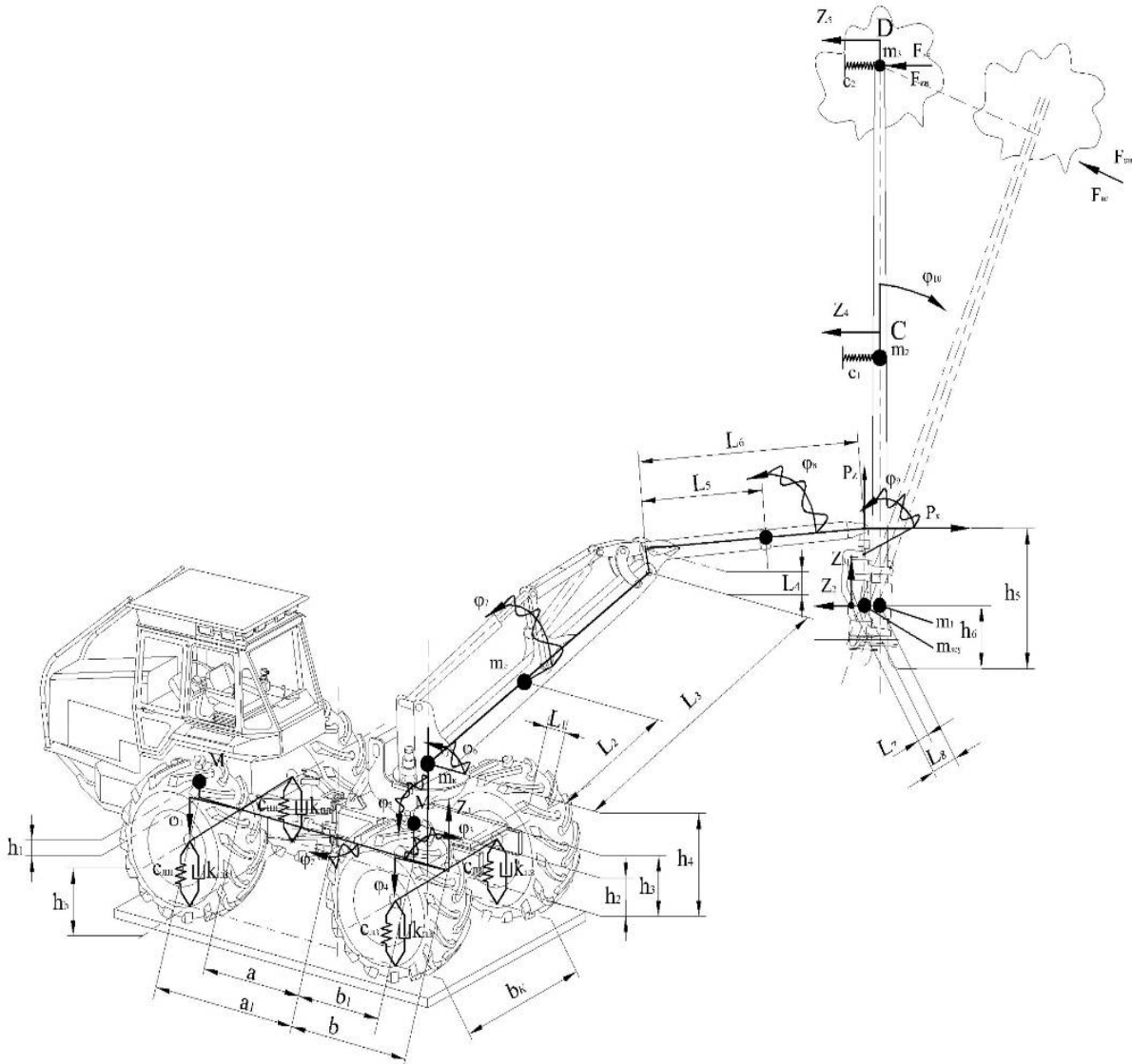


Рисунок 2 – Математическая модель работы харвестера

В расчетной схеме приняты следующие обозначения: M_1 , M_2 , m_k , m_c , m_p , m_{3cy} – масса энергетического, технологического модулей, колонны, стрелы, рукояти манипулятора, харвестерной головки; a , b – расстояние от оси колес энергетического и технологического модулей до вертикально-горизонтального шарнира; a_1 , b_1 – расстояние от центра масс энергетического и технологического модулей до вертикально-горизонтального шарнира; h_b – высота от опорной поверхности до оси колес; h_1 , h_2 , h_4 , h_3 – высоты расположения масс M_1 , M_2 , m_k и места расположения шарнира наклона колонны относительно горизонтальной оси; L_1 – расстояние от оси технологического модуля до шарнира наклона колонны; L_3 , L_4 , L_6 , L_2 , L_5 – длинна стрелы, кронштейна, ру-

кояти, а также места расположения соответственно центров масс стрелы и рукояти; L_7 , L_8 – расстояние от оси до центров тяжести $m_{ЗСУ}$ и m_1 ; h_5 , h_6 – расстояние от земли до места крепления ротатора и оси вращения захватно-срезающего устройства (ЗСУ); обобщенные координаты Z_1 , Z_2 , Z_3 , Z_4 , Z_5 учитывают линейные перемещения ВСРМ, оси вращения ЗСУ, дискретных масс m_2 и m_3 ; $\varphi_1 - \varphi_{10}$ учитывают угловые перемещения базового шасси, манипуляторного оборудования, углы валки дерева относительно продольной оси лесной машины и вертикального его положения. Модель учитывает влияние ветровой нагрузки ($F_{ВН}$) и усилия взаимодействия между сучьями падающего и стоящих деревьев ($F_{ВС}$).

Для реализации математической модели и обработки полученных данных использованы пакеты программ: AutoCAD 2007, MathCAD 14 и Excel.

Система дифференциальных уравнений, описывающая процесс работы харвестера, решается совместно с системой уравнения описывающей процесс управляемого падения дерева с учетом действующих внешних сил [6] и решается методом Рунге – Кутты с постоянным шагом интегрирования.

С целью оценки адекватности получаемых результатов теоретических исследований, а также получения экспериментальных данных по устойчивости созданной валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины, проводились измерения реакций под колесами энергетического и технологического модулей лесной машины при различном положении технологического оборудования. Варьируемыми параметрами при этом являлись вылет манипулятора, угол его поворота и вес сортимента, закрепленного в харвестерной головке.

При проведении экспериментальных исследований (рисунок 3) для записи измеряемых параметров использовалась измерительная аппаратура в составе восьмиканального многофункционального измерительного усилителя «SPIDPAK» и портативного переносного компьютера. Запись измеряемых параметров производилась непосредственно на жесткий диск компьютера.



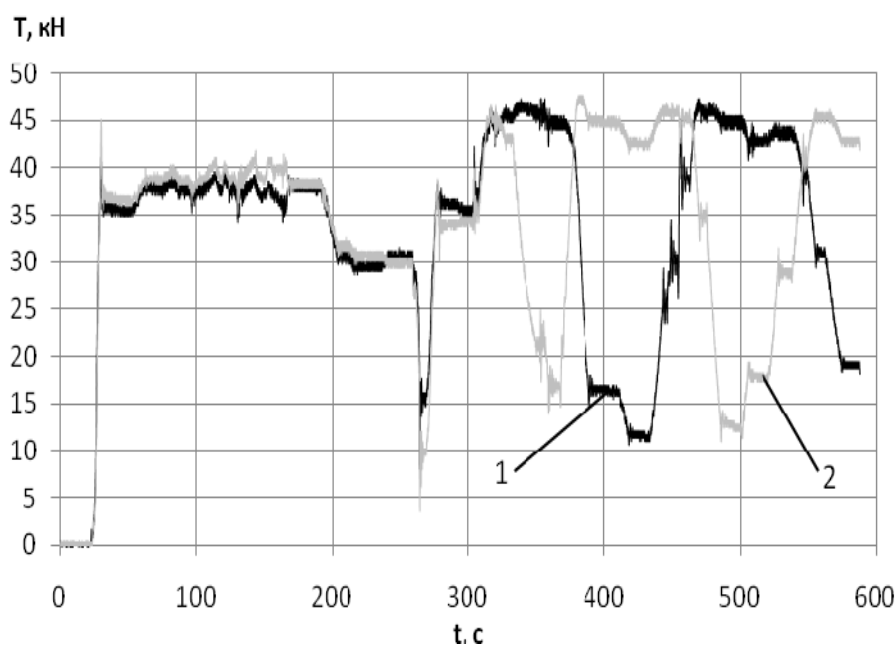
Рисунок 3 – Экспериментальные исследования устойчивости харвестера и определение веса сортимента датчиком силы

При рассмотрении устойчивости шарнирно-сочлененных машин выделяют следующие признаки потери устойчивости [7]: отрыв от плоскости склона одного из колес; необратимая потеря устойчивости и опрокидывание одной из секций (модуля)

трактора на ограничительные опоры другой секции (случай отключения блокировки вертикально-горизонтального шарнира); необратимая потеря устойчивости всей машины и ее опрокидывание.

Экспериментальными исследованиями установлено, что харвестерная машины при отключенном горизонтально-вертикальном шарнире обладает невысокой устойчивостью. В связи с этим выполнение операций технологического цикла, за исключением переездов с одного места стоянки в другое, возможно только при заблокированном шарнире.

С целью обеспечения необходимой точности измерения и упрощения обработки полученных результатов технологическое оборудование, при нахождении в контрольных точках, останавливалось на 5–7 с и фиксировалось время и положение. Данный процесс представлен на рисунке 4.



1 – колесо правого борта; 2 – колесо левого борта

Рисунок 4 – Распределение нагрузки между колесами технологического модуля харвестера при перемещении сортимента массой 585 кг

Согласно данным, полученным при исследовании продольной устойчивости, при увеличении массы сортимента с 287 кг (соответствует параметрам наиболее характерного древостоя для рубок промежуточного пользования) до 585 кг (соответствует древостою с диаметром комлевой части 0,52 см, что соответствует максимально возможному диаметру обработки по техническим характеристикам харвестерной головки) нагрузка под колесами технологического модуля увеличивается на 3120–6029 Н в зависимости от вылета манипулятора (рисунок 5), при этом отрыва колес переднего модуля не наблюдается. Полученный результаты свидетельствует о том, что компоновка технологического оборудования, габаритные и массовые параметры лесной машины обеспечивают возможность работы харвестера в древостое с объемом до 0,5 м³.

Исследование поперечной устойчивости проводилось путем увеличения вылета манипулятора, расположенного перпендикулярно продольной оси машины, с закрепленным в захватно-срезающем устройстве сортиментом массой 585 кг. Исследования-

ми установлено, что отрыв колеса технологического модуля происходит при вылете 7,8 м, а потеря устойчивости лесной машины наступает при вылете 8,3 м.

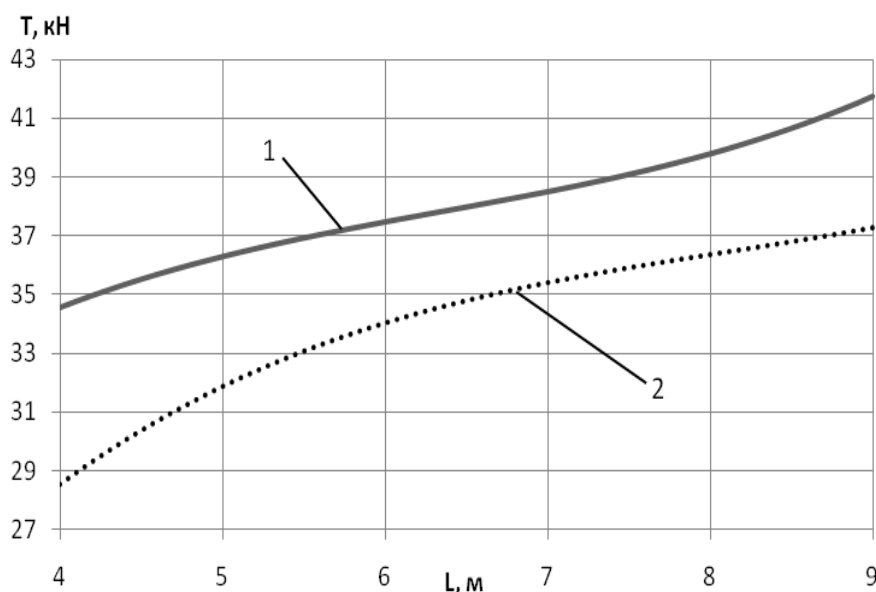
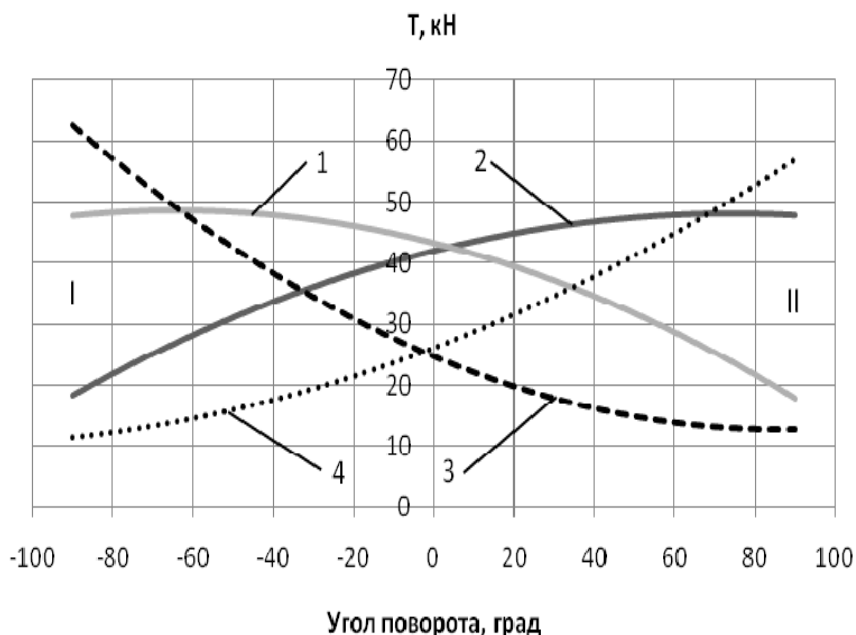


Рисунок 5 – Распределение реакций между колесами технологического модуля харвестера МЛХ-414 при перемещении сортирента массой 585 кг (1) и 287 кг(2)

В результате реализации математической модели построены зависимости перераспределения нагрузки между колесами технологического и энергетического модулей (рисунок 6). Для сопоставления теоретических и экспериментальных данных рассматривался процесс поворота манипулятора из крайнего левого в крайнее правое положение при вылете стрелы в 5 м с закрепленным в харвестерной головке сортирентом массой 585 кг.



1, 2 – левое и правое колеса технологического модуля; 3, 4 – левое и правое колеса энергетического модуля; I – область соответствующая повороту манипулятора в левую сторону; II – область соответствующая повороту манипулятора в правую сторону

Рисунок 6 – Распределение нагрузки между колесами харвестера МЛХ-414 в зависимости от угла поворота манипулятора

В процессе исследования установлено, что нагрузка под колесами борта, в сторону которого поворачивается манипулятор, изменяется незначительно. Изменение нагрузки под колесами противоположного борта характеризуется резким ее уменьшением, а с увеличением угла поворота в одну из сторон изменение реакций под колесами энергетического и технологического модулей соответствующего борта имеют различный характер. На технологическом модуле реакция (вылет 5 м, масса сортирента 585 кг) возрастает в 1,13–1,14 раза, а на энергетическом модуле в 2,35–2,61 раза.

Заключение

Результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований свидетельствуют о том, что компоновка машины, размерные и массовые параметры базового шасси и технологического оборудования обеспечивают возможность работы лесозаготовительной машины на рубках промежуточного пользования в древостоях с объемом хлыста 0,18–0,26 м³ (наиболее распространенный предмет труда) в пределах рабочей зоны технологического оборудования без потери устойчивости. Обработке деревьев с диаметром в комлевой части 0,52 см возможна при расположении технологического оборудования вдоль продольной базы машины без потери устойчивости. При перпендикулярном его расположении обработка данных деревьев ограничивается вылетом манипулятора в 8,3 м. Необходимым требованием при работе валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины является блокировка вертикально-горизонтального шарнира.

Сравнение значений опорных реакций под колесами лесозаготовительной машины полученных путем теоретических и экспериментальных исследований свидетельствуют об адекватности разработанной математической модели взаимодействия ВСРМ с предметом труда и возможность дальнейшей оценки параметров харвестера и технологического оборудования в зависимости от таксационных параметров древостоя.

Библиографический список

1. Жуков, А.В. Динамика харвестера / А.В. Жуков // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообработ. пром-сть. – 2003. – Вып. XI. – С. 28-35.
2. Жуков, А.В. Проектирование лесопромышленного оборудования : Учебник для вузов / А.В. Жуков – Мн.: Выш. шк., 1990.
3. Асмоловский, М.К. Выбор и обоснование динамических параметров узкозахватной валочной машины : автореф. дис. канд.техн. наук / М.К. Асмоловский – Минск, 1993.
4. Пановко, Я.Г. Введение в теорию механических колебаний : Учебник для вузов / Я.Г. Пановко – М.: Наука, 1991.
5. Багаутдинов, И.Н. Совершенствование опорно-поворотного устройства лесозаготовительных машин манипуляторного типа / автореф. дис. ... канд.техн. наук / И.Н. Багаутдинов – Йошкар-Ола, 2002.
6. Жуков, А.В. Теория лесных машин : Учебное пособие для студентов вузов / А.В. Жуков – Мн.: БГТУ, 2001.
7. Будевич, Е.А. Нагруженность валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин в процессе очистки деревьев от сучьев / автореф. дис. ... канд.техн. наук / Е.А. Будевич – Петрозаводск, 2006.

Бельчинская Л.И., Ходосова Н.А., Стрельникова О.Ю.

(ВГЛТА, г. Воронеж, РФ) chem@vglta.vrn.ru

**СОЗДАНИЕ КЛЕЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ С УЛУЧШЕННЫМИ
ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**
*CREATION OF GLUTINIOUS COMPOSITION WITH THE IMPROVED
ECOLOGICAL CHARACTERISTICS*

Карбамидоформальдегидные смолы (КФС) являются основой для получения клеевых композиций (КК), широко используемых для нужд мебельной и строительной промышленности России и других европейских стран. Недостатком данных КК является наличие свободного формальдегида, содержание которого повышается в результате термической и гидролитической неустойчивости смолы. Формальдегид – высокотоксичное вещество, оказывающее раздражающее воздействие на слизистые оболочки глаз, носа и верхних дыхательных путей, нервную систему [1, 2]. Согласно медицинской статистике, содержание большого количества вредных веществ в воздухе вызывает рост заболеваемости населения, снижение иммунитета, мутагенное и эмбриотоксическое действие. Формальдегид способен выделяться из различных изделий на основе карбамидоформальдегидных или фенолоформальдегидных смол (пластиков, плит, панелей, ковровых покрытий и др). Это способствует накоплению значительного количества формальдегида в жилых помещениях, что еще в большей степени усиливает его негативное влияние на организм человека. Одним из перспективных и экономичных способов снижения выделения формальдегида из карбамидоформальдегидных смол и материалов, полученных с их использованием, является экологизация клеев за счет введения активированных природных минералов.

Активирование минералов проводилось термически и в импульсном магнитном поле (ИМП). В литературных источниках не обнаружены данные по воздействию ИМП на сорбционную способность минералов. В данной работе рассматривается влияние импульсного магнитного поля и последующей термической обработки на природные минералы – монтмориллонит и клиноптилолит с целью дальнейшего их использования в качестве наполнителей карбамидоформальдегидных смол.

В качестве объектов исследования рассматриваются природные алюмосиликаты: цеолит (клиноптилолит), с жесткой каркасной структурой, и слоистый силикат с расширяющейся структурной ячейкой – монтмориллонит. Для исследуемых сорбентов определены адсорбционные параметры, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Сорбционные характеристики минералов

Сорбент	Параметр		
	Пористость, %	$S_{уд}$ по воде, м ² /кг	V_S , см ³ /г
монтмориллонит	36,07	149,54	0,19
клиноптилолит	57,92	117,02	0,20

где $S_{уд}$ – площадь поверхности, V_S – суммарный сорбционный объем.

Исследуемые сорбенты имеют близкие величины суммарного адсорбционного объема. Монтмориллонитовый образец обладает большей площадью поверхности по воде, а клиноптилолит – наибольшей пористостью.

Подготовка сорбентов заключалась в облучении их импульсным магнитным полем и последующей тепловой обработке. Ранее определены наиболее эффективная продолжительность обработки (30 с), амплитуда импульсного магнитного поля (0,011 Тл), температура последующей обработки (453 К) [3]. Концентрацию формальдегида, выделяемого из клеевой композиции, определяли ацетилацетоновым методом [4].

Исследовали влияние количества вводимого в клей минерала на концентрацию выделяемого формальдегида из клеевой композиции. Содержание минерала в рецептуре клея варьировали в пределах 1 - 3 % от массы клея. Полученные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние количества вводимого сорбента на выделение формальдегида, мг/м³

Сорбент	Содержание наполнителя в клеевой композиции, %		
	1	2	3
монтмориллонит	0,138	0,134	0,133
клиноптилолит	0,129	0,124	0,122

Судя по данным табл. 2, оптимальное количество вводимого сорбента составляет 2 % от массы клеевой композиции.

В работе исследовано выделение формальдегида из сухой клеевой композиции и клееных древесных изделий на основе карбамидоформальдегидной смолы при введении природных и предварительно обработанных сорбентов (табл. 3).

Таблица 3 – Выделение формальдегида из клеевой композиции в зависимости от кристаллохимического строения минералов и вида предварительной обработки

Эмиссия формальдегида из клеевой композиции, мг/м ³								
без добавления сорбента	природные сорбенты		т/о сорбенты		сорбенты, обработанные в ИМП		сорбенты, обработанные т/о и в ИМП	
	М	К	М	К	М	К	М	К
0,141	0,134	0,124	0,099	0,085	0,084	0,105	0,075	0,081

Примечание: т/о – термообработка; ИМП – импульсное магнитное поле, М – монтмориллонит, К – клиноптилолит

Наиболее интенсивно снижается концентрация формальдегида выделяемого из отвержденной клеевой композиции, в которую входит карбамидоформальдегидная смола (КФС) (содержание свободного формальдегида 0,9 %) и 2 % (от массы смолы) минерального наполнителя, обработанного термически и в импульсном магнитном поле. В большей степени на сорбционную способность клиноптилолита влияет термообработка, а на монтмориллонит – импульсное магнитное поле. Выделение формальдегида снижается в 1,7 раза. Проведение комплексной обработки приводит к снижению эмиссии в 2 раза.

Определена эмиссия формальдегида из фанеры, полученной с использованием клеевой композиции на основе КФС, содержащей сорбенты, предварительно обработанные термически, в импульсном магнитном поле и комплексно (табл. 4).

Таблица 4 – Выделение формальдегида из фанеры в зависимости от кристаллохимического строения минералов и вида предварительной обработки

Эмиссия формальдегида из фанеры, мг/м ³								
без добавления сорбента	природные сорбенты		т/о сорбенты		сорбенты, обработанные в ИМП		сорбенты, обработанные т/о и в ИМП	
	М	К	М	К	М	К	М	К
0,124	0,120	0,112	0,087	0,076	0,072	0,091	0,056	0,073
Примечание: т/о – термообработка; ИМП – импульсное магнитное поле, М – монтмориллонит, К – клиноптилолит.								

Отмечается, что при добавлении в клееные материалы на основе карбамидоформальдегидных смол сорбентов, предварительно обработанных в импульсном магнитном поле и термически, происходит снижение эмиссии в 1,7 – 2,2 раза в зависимости от природы основного структурного компонента минерала. Это положительно сказывается на гигиенических показателях атмосферного воздуха, воздуха рабочей зоны и жилых помещений.

В работе установлено, что проведение предварительной комплексной обработки сорбентов в импульсном магнитном поле и термически позволяет значительно снизить выделение формальдегида из клеевых композиций и фанеры, полученной на их основе. Усиление адсорбционных свойств глинистых минералов под действием температурной обработки происходит за счет дегидратации поверхности, изменения соотношения активных центров на поверхности сорбентов и селективности адсорбции молекул формальдегида в конкурирующей сорбции молекул формальдегида и воды. При воздействии ИМП на молекулярные системы, в соответствии с подходом Бучаченко, Бинге, Салихова, происходит активация на уровне спиновой подсистемы [5,6]. Наиболее вероятно спиновое разупорядочивание в группах AlOH, FeOH, MgOH, гидроксированных катионах и др., и, как следствие, образование радикальных пар, являющихся активными центрами, в большей степени на гидроксированной поверхности монтмориллонита сравнительно с клиноптилолитом. Индуцируемое переменным импульсным магнитным полем вихревое электрическое поле, вероятно, способствует поляризации диполей активных сорбционных центров и благоприятно отражается на их ориентации. При проведении двух совместных видов предварительной обработки (тепловой и ИМП при В = 0,011 Тл), по-видимому, наблюдается более выраженный синергетический эффект самоорганизации сложной системы минералов.

Библиографический список

1. Уокер, Дж.Ф. Формальдегид / Дж. Ф. Уокер – М.: Гос. научно-техн. изд. химической литературы. 1957. – 608 с.

2. Перечень веществ, продуктов, производственных процессов, бытовых и природных факторов, канцерогенных для человека. ГН 1.1.029-98.- М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1995. – 17 с.

3. Бельчинская, Л. И. Адсорбция формальдегида на минеральных нанопористых сорбентах, обработанных импульсным магнитным полем / Бельчинская Л. И., Ходосова Н.А., Битюцкая Л.А. // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2009. – Т.45. №2. – С.218-221.

4. Комарова, Е.Е. Определение выделяемого из древесностружечных плит формальдегида фотокolorиметрическим методом с использованием ацетилацетона: экспресс-информ. / Е.Е. Комарова Б. В. Ромашков, В.В. Васильев. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1987. – С. 16-19. – (Плиты и фанера; Вып. 12).

5. Бучаченко, А.Л. Магнитные и спиновые эффекты в химических реакциях / А.Л. Бучаченко, Р.З. Сагдеев, К.М. Салихов – Новосибирск: Наука, 1978.

6. Бинги, В.Н. Физические проблемы действия слабых магнитных полей на биологические системы / В.Н. Бинги, А.В. Савин. / Успехи физических наук. – 2003. – Т.173.- №3. – С.265-300.

Бехта П.А., Козак Р.О., Салабай Р.Г. (НЛТУ Украины, г. Львов, Украина)
bekhta@ukr.net, kozak_ruslan@ukr.net, roman_salabay@ukr.net

УЛУЧШЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСНО-СОЛОМЕННЫХ ПЛИТ МОДИФИКАЦИЕЙ СОЛОМЕННЫХ ЧАСТИЦ **ADVANCING PARTICLE BOARDS WITH MODIFIED STRAW PARTICLES**

Постановка проблемы

Во многих странах мира для изготовления стружечных плит традиционным сырьем была и остается древесина. Скорость глобальной вырубке лесов и ее влияние на окружающую среду вынуждает производителей таких плит вести поиск альтернативного сырья. В основном это лигноцеллюлозное сырье сельскохозяйственного производства, в частности солома. Отличительная особенность соломы всех культур – высокое содержание целлюлозы. Средняя рыночная цена соломы в несколько раз меньше, чем древесины [1]. Меньшие средства могут быть использованы на дробильное и сушильное оборудование [2, 3]. За последние годы во многих странах злаковая солома стала главным недревесным сырьем, которое используют для изготовления древесных плит. В США, после багассы, злаковую солому считают вторым самым пригодным сельскохозяйственным волокном для изготовления древесных композитов [4].

Однако, одним из факторов, который препятствует использованию соломы как сырья для производства древесных плит, является наличие воска с достаточно сложным химическим составом, который в соломе не распылен во всей ее массе, как это имеет место в древесине, а находится практически полностью на поверхности стебля. Образование такого антиадгезионного слоя на поверхности частиц соломы препятствует смачиванию поверхности частиц и ухудшает склеивание [5].

Обычные карбамидоформальдегидные клеи не позволяют получать из соломы стружечные плиты с необходимыми свойствами. Частичная замена древесины соломой в плитах, склеенных карбамидоформальдегидным клеем, драматически ухудшает их основные свойства [6].

Однако привлекательность соломенного сырья вынуждает искать пути, которые позволили бы применять его в производстве стружечных плит.

Небольшой процент (до 10%) соломенных частиц в смеси с древесными хотя и ухудшает физико-механические показатели древесно-соломенных плит, однако позволяет получать плиты, которые отвечают требованиям стандарта [7]. Можно достичь удовлетворительного качества склеивания и при применении модифицированных карбамидоформальдегидных клеев [8]. Изоцианатные клеи – самые эффективные для изготовления соломенных плит [9]. Однако через дороговизну этих клеев, исследования, направленные на улучшение адгезии соломы со смолами, которые были бы дешевле за изоцианатные, продолжаются [5]. Предложены разные методы химической обработки поверхности частиц соломы. Известен способ получения плит из растительного сырья, который включает модификацию растительного сырья аммиаком, которое перед этим обрабатывается водяным паром при температуре 140-250°C, со следующим формированием и горячим прессованием [10]. Недостатком этого способа является сложность технологии и токсичность аммиака.

Следовательно, вопрос использования соломенных частиц в производстве стружечных плит является открытым и требует дополнительных исследований. Поэтому целью данного исследования являлось улучшение физико-механических свойств древесно-соломенных плит путем модификации соломенных частиц.

Экспериментальная часть

Древесное сырье и солома отдельно измельчались для получения древесных и соломенных частиц. Древесные частицы подавались на операцию сушки, а соломенные частицы подвергались на протяжении 45 мин одной из дополнительных технологических операций:

- 1) вымачиванию в 9%-ном растворе уксусной кислоты;
- 2) кипячению в воде;
- 3) кипячению в мыльном растворе;
- 4) пропариванию.

После такой обработки соломенные частицы подсушивались до влажности 3-6%. Потом древесные частицы перемешивались из соломенными. Массовое соотношение между древесными и соломенными частицами составляло 60:40. Приготовленная смесь древесно-соломенных частиц смешивалась с клеем на основе карбамидоформальдегидной смолы. Содержание клея в плите составляло 14% от массы абсолютно сухих частиц. В качестве отвердителя использовался хлористый аммоний в виде водного раствора концентрацией 20% в количестве 1%. После смешивания с клеем формировался однослойный стружечный ковер. Сформированный ковер подпрессовывался и подавался на операцию прессования плит. Прессование однослойных плит плотностью 650 кг/м³, толщиной 16 мм осуществлялось при таких режимных параметрах: давление – 2,2 МПа, температура – 170°C, длительность – 0,38 мин/мм (6,14 мин). Влажность готовых плит составляла 8%.

Для сравнения при аналогичных параметрах прессования изготавливались древесно-соломенные плиты, в которых соломенные частицы не поддавались дополнительной обработке.

Результаты исследований

Анализ влияния модификации частиц на свойства плит осуществлялся за следующими параметрами плит: прочность при статическом изгибе, прочность при растяжении перпендикулярно к пласти плиты, водопоглощение и набухание. Для контрольных плит отмеченные параметры были приняты за 1,0. Сравнительные данные физико-механических показателей древесно-соломенных плит приведены в таблице.

Таблица – Сравнительные данные физико-механических показателей древесно-соломенных плит

Показатель	Контрольная плита	Плита с модифицированными соломенными частицами:			
		вымоченными в 9%-ном растворе уксусной кислоты	прокипяченными в мыльном растворе	прокипяченными в воде	пропаренными
Предел прочности при статическом изгибе	1,0	2,36	2,31	1,79	1,48
Предел прочности при растяжении перпендикулярно к пласти плиты	1,0	2,0	2,86	1,71	1,43
Водопоглощение	1,0	0,91	0,92	0,94	0,88
Набухание	1,0	0,57	0,65	0,67	0,75

Из результатов, приведенных в таблице, можно сделать вывод, что использование модифицированных соломенных частиц в композиции стружечных плит во всех случаях позволяет значительно улучшить их физико-механические свойства, по сравнению с древесно-соломенными плитами, изготовленными из необработанных соломенных частиц.

В частности, использование соломенных частиц, предварительно обработанных 9%-ным раствором уксусной кислоты, позволило повысить прочность при статическом изгибе таких плит на 136%, прочность при растяжении перпендикулярно к пласти плиты на 100%, уменьшить водопоглощение и набухание соответственно на 9% и 43%.

Использование соломенных частиц, предварительно прокипяченных в мыльном растворе, позволяет повысить прочность при статическом изгибе таких плит на 131%, прочность при растяжении перпендикулярно к пласти плиты на 186%, уменьшить водопоглощение и набухание соответственно на 8% и 35%.

Использование соломенных частиц, предварительно обработанных пропариванием или кипячением в воде, также позволило значительно улучшить физико-механические свойства древесно-соломенных плит. В частности, прочность при статическом изгибе повышается на 50% и 80%, прочность при растяжении перпендикулярно к пласти плиты повышается на 43% и 71%, водопоглощение уменьшается на 12% и 6%,

набухание уменьшается на 25% и 33%, соответственно для пропаренных и прокипяченных в воде соломенных частиц.

Сравнивая разные способы модификации необходимо отметить наилучшие показатели относительно предела прочности при статическом изгибе, водопоглощения и набухания получены при обработке соломенных частиц вымачиванием в 9%-ном растворе уксусной кислоты. Кипячение соломенных частиц в мыльном растворе обусловило наибольший рост предела прочности при растяжении перпендикулярно к пласти плиты.

Судя за результатами исследований, модификация соломенных частиц позволяет удалять восковые вещества, что способствует лучшему смачиванию поверхности частиц клеем и улучшает склеивание. А это, в свою очередь, улучшает физико-механические свойства древесно-соломенных плит.

Библиографический список

1. Markessini E., Roffael E., Rigal L. Panels from annual plant fibers bonded with urea-formaldehyde resins. In: Proceedings 31th International Particleboard/Composite Materials Symposium, Pullman. 1997. - P. 147-160.
2. Dalen H., Shorma T. The manufacture of particleboard from wheat straw. In: Proceedings of the 30th Washington State University International Particleboard Composite/Materials Symposium. Pullman, Washington, 1996. - P. 191-196.
3. Heslop G. Compak: Ten Years of Experience with Commercial Straw Particleboard Production. In: Proceedings of the 31th Washington State University International Particleboard Composite/Materials Symposium. Pullman, Washington. 1997. - P. 109-113.
4. Rowell R.M., Young R.A., Rowell J.K. Paper and Composites from Agro-Based Resources. CRC Lewis Publishers, Boca Raton, New York, Tokyo, 1997, в 464 г.
5. Pease D.A. Resin advances support strawboard development. Wood Technology. 1998, No.3, p.32-34.
6. Grigoriou A. Straw-wood composites bonded with various adhesive systems. Wood Science and Technology, 2000, 34: 355-365.
7. Патент на полезную модель №21438, Украина, МПК В27 N 3/00. Способ изготовления стружечных плит с использованием соломы / Бехта П.А., Салабай Р.Г. – Оpubл.15.03.2007, Бюл.№3
8. Rexen F. Stroh als Rohstoffmaterial für Spanplatten. Holz Zentralbl. 1975, 101, Nr.34: 471-472.
9. Heller W. Die Herstellung von Spanplatten aus unkonventionellen Rohstoffen. Holz als Roll- und Werkstoff, 1980, 38: 393-396.
10. А.с. СССР №656868. Способ получения плит из растительного сырья / Клуге З.Э., Лиедоетрис У.Я., Зиединьш И.О. и др. Заявл. 10.06.75, Оpubл. 15.04.79, Бюл.№14.

Болдырев В.С., Щепкин В.Б., Цуриков А.И.

(ВГЛТА, г. Воронеж, РФ) swb@icmail.ru

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СЕКТОРНЫХ КЛЕЕНЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ *MANUFACTURING SECTOR GLULAM*

Известно, что радиальные пиломатериалы (угол между годичными слоями и пластью 60 град. и более) вследствие своих положительных свойств (отсутствие коробления и меньшей склонности к растрескиванию при сушке и др.) пользуются повышенным спросом на рынке пилопродукции. Однако их производство характеризуется значительными отходами древесины и низким объемным выходом: 25 – 40% при распиловке бревен диаметром 28 – 60 см секторным, развально-секторным или брусово-секторным способами [1].

Значительно повысить объемный, спецификационный и качественный выход радиальных пиломатериалов, причем из средних и тонкомерных бревен, позволяет разрабатываемый нами секторно-совмещенный способ [2]. В соответствии с которым оцилиндрованное бревно распиливают на секторные пиломатериалы (секторы) с одинаковой величиной центральных углов. После сушки их склеивают путем совмещения радиальных поверхностей. Причем присердцевинную зону одного сектора совмещают с периферийной зоной другого. Таким образом получают двух-, трех- и многослойные доски и брусья (рисунок 1). Последние можно распиливать на радиальные или тангенциальные пиломатериалы, направив пропилы, соответственно, перпендикулярно или параллельно годичным кольцам.

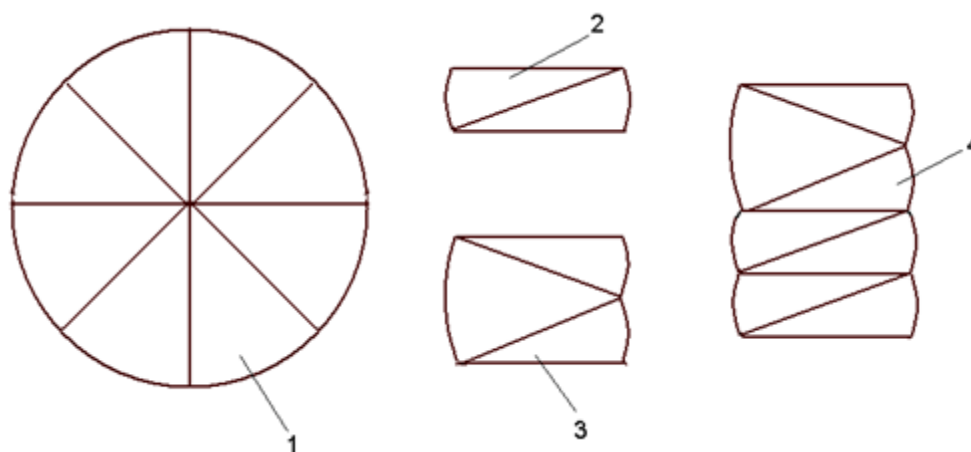


Рисунок – 1 Схема раскря бревна на сектора (1) и некоторые варианты формирования из них клееных радиальных пиломатериалов: 2; 3; 4 – соответственно двух-, трех- и многослойные

Для реализации этого способа нами выполнены теоретические, экспериментальные и конструкционные разработки.

Определены геометрические параметры (центрального угла, толщины и ширины) необрезных и обрезных (по высоте и хорде), сырых и сухих, строганных и клееных (двух-, трех- и многослойных) секторных пиломатериалов.

Разработана номограмма для определения необходимого диаметра бревна при заданной толщине сектора и различных значениях центрального угла α . Для минимизации потерь древесины цилиндрической зоны точность сортировки бревна при выработке секторных пиломатериалов должна составлять 0,4 см для бревен толщиной менее 20 см и 0,6 см – более 20 см [3, 4, 5].

Предложена методика расчета объемного выхода и планирования раскроя бревен на обрезные сектора для двух вариантов:

1. Имеется определенное количество отсортированных бревен одного диаметра. Требуется определить размеры, объемы и объемный выход обрезных сухих секторных пиломатериалов с оптимальным центральным углом.

2. Даны размеры и общее количество сухих обрезных секторных пиломатериалов. Требуется определить толщину бревна и их количество, центральный угол, количество и объемный выход пиломатериалов.

Объемный выход секторов с центральным углом $\alpha \leq 45$ град. из бревен толщиной 14 – 50 см достигает: необрезных сырых – 90–95 %; обрезанных по хорде (рисунок 2,а) – 80–85 %; по высоте (рисунок 2,б) – 70–75 %; обрезанных по хорде сухих – 75–80 %; обрезанных по высоте сухих 65–70 %.

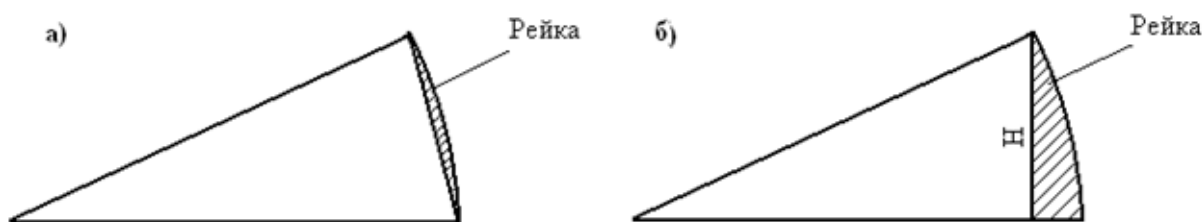


Рисунок 2 – Поперечное сечение секторов, обрезанных а) – по хорде, б) – по высоте.

Разработана конструкция бревнопильного горизонтального ленточнопильного станка для получения за один проход суппорта двух секторов с заданным центральным углом. Расчетная производительность станка при выпилке секторов с центральным углом 45 град. составляет 15 – 20 бревен в час.

Исследована размерно-качественная характеристика сосновых секторных пиломатериалов с центральным углом 22,5, 30, 45 град. Основным пороком пиломатериалов являлись продолговатые сучки (75% всех сучков). Сырые секторы не имели коробления. После естественной сушки до влажности 12 – 15 % покоробленность по пласти наблюдалась в зоне продолговатых сучков лишь у секторов с центральным углом 22,5 град., которая не превышала 2 – 4 мм на длине 2 м. Секторные пиломатериалы с центральным углом 22,5 град., полученные из бревен с влажностью 22 – 25 % (сушка бревен производилась в камере СВЧ) не имели покоробленности.

Предложена методика подбора режимов сушки секторов, рекомендованных для высушивания пиломатериалов прямоугольного сечения. Экспериментальные сравнительные исследования кинетики сушки пиломатериалов прямоугольного и секторного сечения показали, что для всех исследованных толщин в диапазоне 25 – 80 мм скорость сушки секторов выше, а продолжительность меньше в среднем на 27 % [6].

С целью проведения оптимальных процессов формирования клееной пилопродукции из секторных пиломатериалов предложена структурная модель поверхностного

слоя радиального среза древесины для конструктивного расчета прочности и долговечности полученных соединений и расхода клеевых материалов [7]. Теоретически исследовано влияние степени значения объема радиальной поверхности древесины клеевыми материалами на прочность клеевых соединений [8]. Показано, что $\sigma_{пов.слоя} > \sigma_{кл.пр.} > \sigma_{др}$, где $\sigma_{пов.слоя}$ - предел прочности поверхностного слоя; $\sigma_{кл.пр.}$ - предел прочности клеевой прослойки; $\sigma_{др}$ - предел прочности древесины. Неравенство справедливо в случае разрушения клеевого соединения при растяжении, сжатии или сдвиге рабочих поверхностей образца. После затвердевания клеевого материала разрушение клеевого соединения по поверхностному слою невозможно. Для достижения максимально возможной прочности клеевого соединения древесины необходимо, чтобы расход клея обеспечивал полное заполнение всех полостей трахеид поверхности и образование промежуточного слоя клеевого состава между подложками.

Сравнительные экспериментальные исследования предела прочности при статическом изгибе по ГОСТ 15613.4-78 клееных (с использованием клея “Клейберит – 304.1”) двух- и трехслойных пиломатериалов из секторов (рисунок 1) и досок прямоугольного сечения показали, что первые (при всех прочих равных условиях) прочнее вторых на 15 – 20 МПа.

Вывод. Способ изготовления клееных пиломатериалов из секторов позволяет на 10 – 15% повысить объемный выход и увеличить прочность на статический изгиб радиальной пилопродукции на 15 – 20 МПа.

Библиографический список

1. Черных П.Г. Основные положения раскроя бревен на радиальные пиломатериалы с использованием оборудования фирмы “KARA” [Текст]/ П.Г. Черных, П.П. Черных, Л.В. Ильюшенко // Деревообрабатывающая пром-сть, 2009 г. №6, с. 22 – 24.
2. А.С. 490651 СССР, МКИ¹ В27Д 1/100. Способ получения клееных заготовок радиальной распиловки/ В.А.Червинский – Оpubл. 05.11.75., Бюл. №41.
3. Щепкин В.Б. Оптимизация и границы применимости способа раскроя бревен на секторы для последующего склеивания [Текст]/ В.Б. Щепкин// Технология и оборудование деревообработки в XXI веке – Воронеж, 2008 г. №4 – 69 – 73 с.
4. Щепкин В.Б. Получение секторов одной толщины из бревен разных диаметров [Текст]/ В.Б. Щепкин// Технология и оборудование деревообработки в XXI веке – Воронеж, 2008 г. №4 – 66 – 69 с.
5. Щепкин В.Б. Исследование точности сортировки круглых лесоматериалов при их раскрое секторно-совмещенным способом [Текст]/ В.Б. Щепкин// Лес. Наука. Молодежь – Воронеж, 2008 г. 140 – 144 с.
6. Щепкин В.Б., Болдырев В.С. Сравнительная сушка секторных и прямоугольных пиломатериалов [Текст]/ В.Б. Щепкин, В.С. Болдырев// Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления – Воронеж, 2008 г. №13, 24 – 28 с.
7. Щепкин В.Б., Червинский В.А., Болдырев В.С. Структурная модель поверхностного слоя радиального среза древесины хвойных пород [Текст]/ В.Б. Щепкин, В.А. Червинский, В.С. Болдырев// Ресурсосберегающие и экологически перспективные технологии и машины лесного комплекса будущего – Воронеж, 2009 г. 62 – 69 с.

8. Щепкин В.Б., Червинский В.А., Болдырев В.С. Исследование влияния степени заполнения объема радиальной поверхности древесины клеевыми материалами на прочность клеевых соединений [Текст]/ В.Б. Щепкин, В.А. Червинский, В.С. Болдырев// Ресурсосберегающие и экологически перспективные технологии и машины лесного комплекса будущего – Воронеж, 2009 г. 57 – 62 с.

Быкова Е.Л. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

ПРОБЛЕМЫ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В ГАЗОВЫХ СУШИЛЬНЫХ КАМЕРАХ *TIMBER GAS-KILN DRYING ISSUES*

На деревообрабатывающих предприятиях наиболее энергоемкими являются сушильные камеры. Они работают 335 дней в году, 30 дней на капитальный ремонт.

В процессе работы камеры потребляют большое количество энергии как тепловой, так и электрической. При этом, чем больше расход энергии, тем выше себестоимость сухого пиломатериала.

Одним из возможных способов снижения энергозатрат и повышения качества сушки может быть применение экономичных источников тепла, а также возможность их комбинирования. К таким источникам можно отнести: природный газ и древесные отходы.

Для снижения энергозатрат и повышения качества сушки на деревообрабатывающем предприятии города Тюмени «Надежда-93» были проведены работы по модернизации газовых сушильных камер, работающих на сжиженном газе.

В камерах высушивается сосновый пиломатериал толщиной 25; 32;40; 50; 60 мм, длиной от 6 до 6,5 м. Конечная влажность пиломатериалов от 18 до 65%. В сушильном цехе размещено всего 13 камер. На сегодняшний день эксплуатируются только 3 камеры, одна из которых может работать и на природном газе и на древесных отходах.

В сушильную камеру загружается 2 штабеля по длине, длина камеры 14 м, ширина 3м, высота 3,5 м. Вместимость 18 м³. Годовая производительность 2000 м³ в год.

Камеры такого типа работают на производстве с 70-х годов прошлого столетия. Большинство оборудования в камерах на сегодняшний день требует замены или модернизации. При приблизительной оценке расходов на замену оборудования, работающего на сжиженном газе на новое потребует больших расходов. У предприятия просто не было в наличии таких средств. При этом оказалось, что большую часть такого оборудования на момент модернизации камер уже не производилось.

Первоначально камеры сушили пиломатериал в соответствии с разработанными технологическими режимами, где проводился: начальный прогрев пиломатериала, промежуточная и конечная влаготеплообработка, выдержка и охлаждение. В конце 90-х годов вышла из строя система управления камерами и температуру в камере стали поддерживать только по одной ступени. Регулирование относительной влажности воз-

духа в камере производилось за счет открывания дверей (за 1 неделю сушки пиломатериала 2 раза на период до получаса).

По данным другого предприятия, где также размещены сушильные камеры на сжиженном газе при сушке пиломатериалов существуют те же проблемы: нет регулирования параметров сушки по ступеням, то есть задается одна температура, которая регулируется выключением и включением вентилятора, открыванием дверей в период сушки.

В результате реконструкции камеры оснастили газовым котлом КОФ и топкой для сжигания отходов. Топку разместили в одной из помещений, в которой не производится процесс сушки. Однако и на сегодняшний день процесс сушки остается не отрегулирован. Требуется оснастить камеры автоматическим регулированием параметров среды и обеспечить работу приточно-вытяжных каналов.

В результате перехода на природный газ и древесные отходы для сушки пиломатериалов на предприятии стали применять мягкие режимы сушки, где температура теплоносителя не превышает 60⁰С. Тем самым это позволит исключить брак при сушке: коробление и растрескивание, то есть повысить качество сушки пиломатериалов.

Газеева Е.А. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) saz-elena@yandex.ru

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ *ENERGETIC APPROACH FOR PROCESSING PERFORMANCE ASSESSMENT*

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 – энергоемкость, 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].

Методика суммарного расчета энергоемкости технологического продукта была предложена в 80-х годах XX века для народного хозяйства и названа методикой расчета технологических топливных чисел. Существенный вклад в разработку метода расчета технологического топливного числа был внесен в работах уральской школы УГТУ-УПИ под руководством В.Г. Лисиенко для технологических процессов в черной металлургии.

Сквозной энергетический анализ впервые применен для технологических процессов лесосечных работ. Основным показателем сквозного энергетического анализа является технологическое топливное число (ТТЧ) – затраты всех видов энергии в технологическом процессе, пересчитанных на необходимое для их получения условное топливо за вычетом вторичных энергоресурсов на единицу продукции. ТТЧ отражает

объективные энергетические затраты технологического процесса, является показателем энергоемкости продукции лесосечных работ.

Структура ТТЧ процесса лесопользования представлена на рис.1.

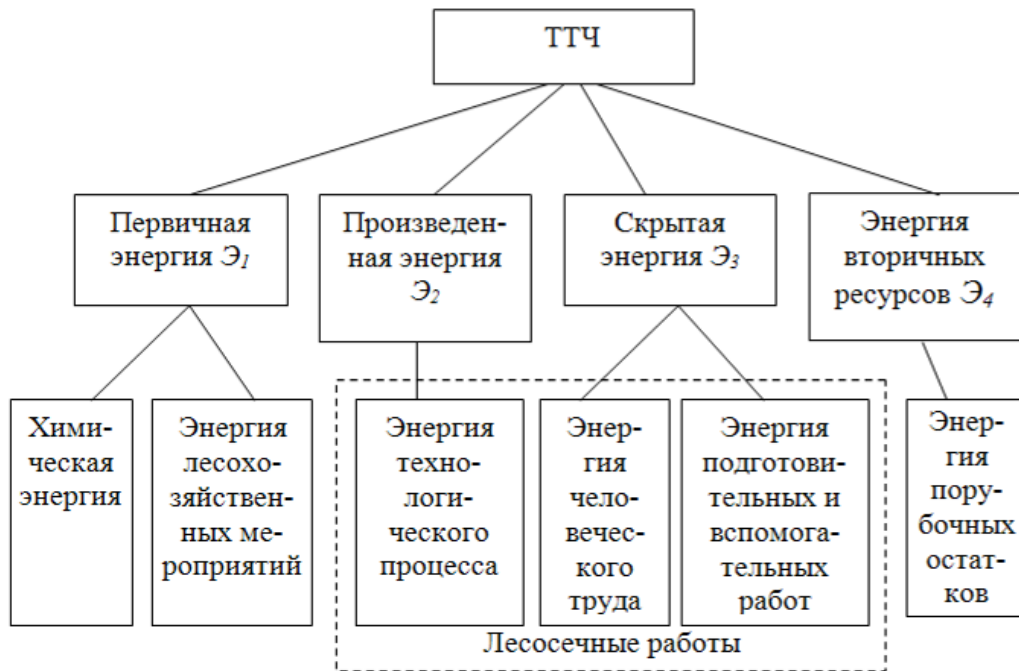


Рисунок 1 – Структура технологического топливного числа

Методика расчета технологических топливных чисел имеет ряд существенных особенностей, позволяющих достаточно точно и объективно проводить энергетический анализ эффективности использования энергии в технологическом процессе.

Основные из этих особенностей: введение технологического топливного числа как основной энергетической характеристики технологического процесса; последовательное сквозное применение ТТЧ; учет энергии вторичных ресурсов; использование в качестве средства анализа разработки на основе общей методологии индивидуальных методик расчета ТТЧ.

Первичная энергия \mathcal{E}_1 представляет собой химическую энергию древесины на момент ее созревания или на момент проведения рубок главного пользования с учетом суммарных затрат энергии на проведение комплекса работ, связанных с уходом в процессе роста дерева.

$$\mathcal{E}_1 = \sum_n \text{ТТЧ}_{р\delta} \varphi_{р\delta}, \quad (1)$$

$$\text{ТТЧ}_{р\delta} = Q_{био} + \sum_m \text{ТТЧ}_{лх}, \quad (2)$$

где $\text{ТТЧ}_{р\delta}$ - технологическое топливное число одного из n - растущих деревьев, кг у.т./куб.м;

$\text{ТТЧ}_{лх}$ - технологическое топливное число каждого из m - приемов лесохозяйственных мероприятий на этапе формирования древостоев, кг у.т./куб.м;

$Q_{\text{био}}$ - энергия биомассы древесины, кг у.т./куб.м;

$\varphi_{\text{рд}}$ - удельное содержание биомассы в растущем дереве.

К лесохозяйственным работам, как элементу первичной энергии, относятся следующие виды работ: отвод лесосек, проведение рубок ухода всех видов, рубка и расчистка квартальных просек, установка и ремонт межевых знаков, очистка леса от захламленности, лесозащитные работы, лесовосстановительные работы, мероприятия по охране леса от пожаров, работы по защитному лесоразведению. Энергозатраты на выполнение лесохозяйственных работ подсчитываются суммарно по фактическим данным или нормативным.

Произведенная энергия \mathcal{E}_2 представляет собой энергетические затраты по выполнению технологического процесса лесосечных работ. Она формируется из энергозатрат, связанных с работой энергетических установок систем машин, механизмов, оборудования, механизированных инструментов и определяется по формуле

$$\mathcal{E}_2 = \sum_k \text{ТТЧ}_i \varphi_i, \quad (3)$$

где ТТЧ_i - технологическое топливное число i -ой из k - операций технологического процесса, кг у.т./куб.м;

φ_i - удельное производство продукции при выполнении i -ой операции.

Скрытая энергия \mathcal{E}_3 – это затраты человеческого труда на выполнение основного технологического процесса, подготовительных, вспомогательных работ, ремонта и обслуживания техники. Энергозатраты также подсчитываются суммарно по фактическим данным или нормативным.

Оценка человеческого труда в энергетических единицах предложена С.А. Подолинским. Обобщенный энергетический эквивалент человеческого труда в промышленности представляет собой величину, равную 1,9 кг у.т./чел.ч.

Энергия вторичных ресурсов \mathcal{E}_4 представляет собой энергию, которую можно рекуперировать в технологический процесс лесосечных работ за счет использования вторичных энергоресурсов, например, порубочных остатков. Энергетический запас, которым характеризуются порубочные остатки, может быть направлен на воспроизводство и возмещение потерь питательных веществ в результате лесосечных работ.

$$\mathcal{E}_4 = \mathcal{E}_{\text{теп}} = \mathcal{E}_{\text{хим}}, \quad (4)$$

где $\mathcal{E}_{\text{теп}}$ и $\mathcal{E}_{\text{хим}}$ – соответственно, тепловая и химическая энергии, которые могут быть получены из вторичных ресурсов.

По определению технологическое топливное число выражается

$$\text{ТТЧ} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 - \mathcal{E}_4. \quad (5)$$

Определение и расчет всех составляющих технологического топливного числа осуществляется приведением всех видов энергии к единому показателю - условному топливу. Для этого используются энергетические коэффициенты, представленные в табл. 2.

Таблица 2 – Переводные теоретические коэффициенты энергии

Вид энергии	Эквивалент перевода в			
	Электро- энергию, кВт * ч	тепловую энергию, ккал	тепловую энергию, ГДж	условное топливо, кг
Электроэнергия, кВт * ч	1	860	$3,6 \cdot 10^{-3}$	0,123
Тепловая энергия, ккал	$1,163 \cdot 10^{-3}$	1	$4,19 \cdot 10^{-6}$	$143 \cdot 10^{-6}$
Тепловая энергия, ГДж	$0,278 \cdot 10^3$	$0,239 \cdot 10^6$	1	34
Условное топливо, кг	8,141	7000	$29,33 \cdot 10^{-3}$	1

В соответствии с вышеизложенной методикой сквозного энергетического анализа произведен расчет ТТЧ систем лесосечных машин. Рассмотрен технологический процесс лесосечных работ с годовым объемом заготовки 100 тыс. куб.м. Готовой продукцией являются деревья, хлысты и сортименты, отгружаемые с нижнего лесного склада. Приняты системы лесосечных машин в соответствии с классификацией, предложенной Ю.А. Ширниным [2].

1. В индексе системы: 01 – деревья, 02 – хлысты, 03 – сортименты.
2. Системы машин: МХ - механизированная, К - комбинированная, М - машинная.
3. Например, в системе машин 01.01.03.МХ обозначается трелевка деревьев (01), вывозка деревьев (01), погрузка сортиментов (03), система машин механизированная (МХ).

Результаты расчета представлены в виде диаграммы на рис. 2.

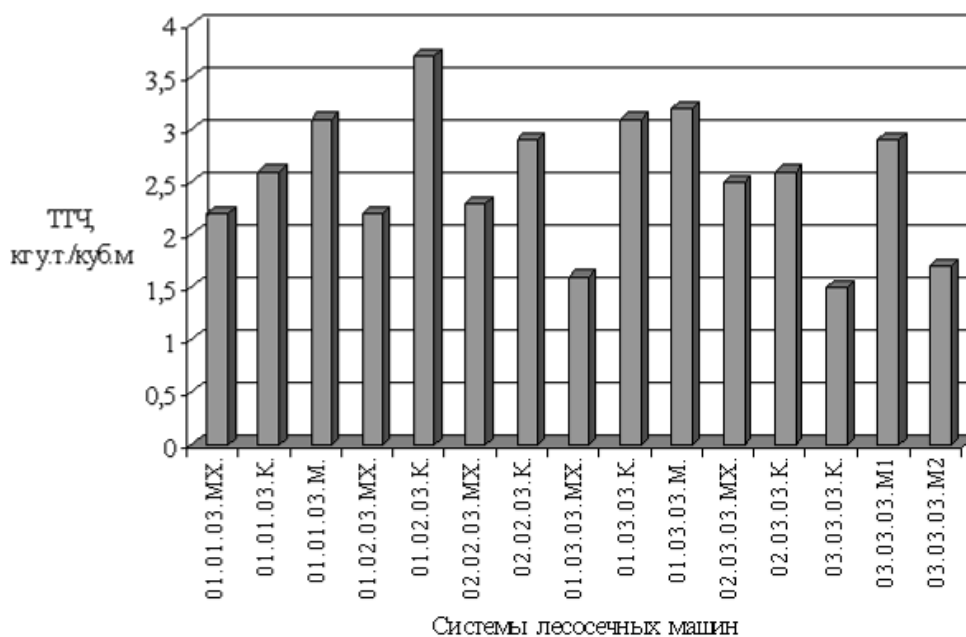


Рисунок 2 – Технологические топливные числа систем лесосечных машин для различных технологий лесосечных работ

Эффективными по ТТЧ являются системы лесосечных машин: система машин 01.01.03.МХ - для заготовки деревьев; системы машин 01.02.03.МХ, 02.02.03.МХ - для заготовки хлыстов; системы машин 01.03.03.МХ, 03.03.03.К, 03.03.03.М2 - для заготовки сортиментов.

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. Ширнин Ю.А., Пошарников Ф.В. Технология и оборудование малообъемных заготовок и лесовосстановление: Учебное пособие. – Йошкар – Ола: МарГТУ, 2001. - 398 с.

Гарифуллин Д.Ш., Балакин В.М. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)
balakin_v.m@mail.ru

ПОЛУЧЕНИЕ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ *MANUFACTURING FIRE-RETARDANT PROTECTION FOR WOOD*

Благодаря широкому диапазону физико-механических свойств полиуретаны (ПУ) находят широкое применение в промышленности и народном хозяйстве. На их основе можно получить практически все технически ценные полимерные материалы – каучуки и резины, клеи, герметики, жесткие и эластичные синтетические волокна, заливочные компаунды, пенопласты [1]. С увеличением производства и потребления полиуретановых материалов, возникает проблема утилизации отходов. В настоящее время выделяют три основных способа утилизации полиуретанов:

- термический способ, заключающийся в сжигании отходов с целью получения энергии [2];
- механический способ, заключающийся в измельчении отходов с последующим использованием полученной крошки в качестве наполнителя в составе различных композиционных материалов [3]
- химические методы утилизации полиуретанов, с помощью которых можно ожидать получения химических соединений, близких по структуре к мономерам. Поскольку стоимость мономера составляет значительную часть от общей стоимости производства полиуретанов, то химические методы утилизации в настоящее время можно рассматривать как наиболее целесообразные [4].

Цель исследования – разработка технологии химической утилизации полиуретановых отходов с получением огнезащитных составов для древесины на основе продуктов деструкции.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования служили полиуретаны на основе простых и сложных полиэфиров и изоцианатов различной природы. В качестве аминов были ис-

пользованы алифатические амины (этилендиамин, моноэтаноламин, диэтаноламин, полиэтиленполиамин).

Аминолиз проводился при массовом соотношении ПУ_амин (от 1:1 до 1:2) при температуре от 140 до 180⁰С в течение 3-5 часов.

Испытания огнезащитной эффективности составов проводились на установке типа ОТМ на образцах древесины сосны размерами 150 ×60×30 мм.

Результаты исследования и их обсуждение

Продукты аминолиза полиуретанов были использованы в качестве азотсодержащего компонента в реакции Кабачника – Филдса с получением аминотилеифосфоновых кислот, содержащие в своем составе фрагменты продуктов деструкции полиуретанов, которые были нейтрализованы водным раствором аммиака с получением аммонийных солей аминотилеифосфоновых кислот (рисунок 1).

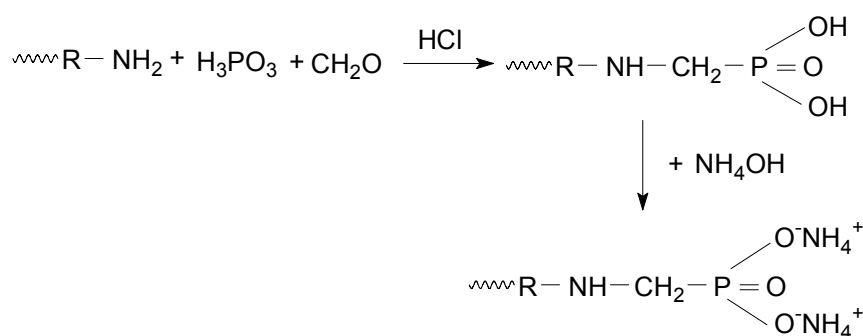


Рисунок 1 – Схема получения огнезащитного состава

Аммонийные соли были испытаны в качестве огнезащитных составов (ОЗС) для древесины. По результатам огневых испытаний определяли потерю массы образцов в % и строили зависимость потери массы образца в % от расхода огнезащитного состава (рисунок 2).

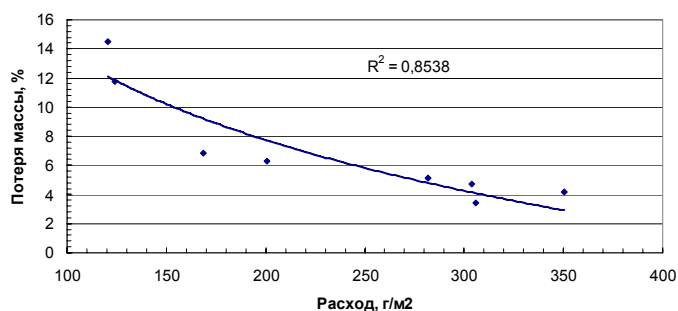


Рисунок 2

Как видно из графика получаемый состав обладает огнезащитной эффективностью, и при расходе от 170 г/м² обеспечивает потерю массы древесины менее 9%, что соответствует I группе огнезащитной эффективности.

Выводы

1. Показана возможность безотходной утилизации полиуретанов с получением эффективных огнезащитных составов для древесины.

Библиографический список

1. Райт П. Полиуретановые эластомеры: Пер. с англ. под ред. Н.П. Апухтиной / П. Райт, А. Камминг. - Л.: Химия, 1973. - 304с.
2. Zia K.M. Methods for polyurethane and polyurethane composites, recycling and recovery: A review / K.M. Zia, H.N. Bhatti, I.A. Bhatti // *Reactive & Functional Polymers.*-2007.-V. 67.-№8.-P. 675-692.
3. Токарев А.В. Технологии вторичной переработки полиуретановых отходов / А.В. Токарев, Н.В. Сироткин, В.В. Бестужева // *Химическая промышленность.*-2006.-Т.83.-№10. С. 486-496.
4. Огнезащитные составы для древесины на основе продуктов аминолита полиуретанов / Гарифуллин Д.Ш., Галлямов А.А., Балакин В.М. // *Проблемы теоретической и экспериментальной химии: тезисы докладов / XIX Российская молодежная научная конференция, посвященная 175-летию со дня рождения Д.И. Менделеева, УРГУ, Екатеринбург, 27-29 апреля, 2009г. – С. 105-106.*

Глухих В.Н., Краснюк Н.Г.

(СПбГЛТА им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, РФ)

krasnoeznamya@list.ru

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ К СОСТАВЛЕНИЮ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ MATHEMATICAL MODELS FOR DEVELOPING SOFTWARE FOR FORECASTING TIMBER DRYING QUALITY

Критерием для выбора местоположения пиломатериалов на схеме распиловки пиловочника (рис. 1) является их сопротивляемость предотвращению поперечного коробления при последующей сушке. Этот критерий характеризует величину внутренних напряжений в пиломатериалах, возникающих при сушке. В пиломатериалах, имеющих более высокую сопротивляемость предотвращению коробления, заметно выше остаточные напряжения, высока опасность пластического растрескивания. У таких досок самое большое поперечное коробление, а также самая большая разность между короблением внутренней и наружной пластей, что фактически является дополнительным припуском при механической обработке.

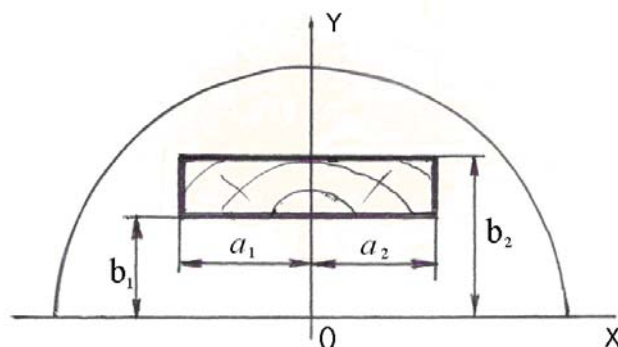


Рисунок 1 – Расчетная схема сечения пиловочника

Главной причиной появления поперечного коробления является неодинаковая усушка пластей доски. Подтверждением этому является наличие множителя в формуле для определения силы коробления доски, представляющего собой разность коэффициентов усушки пластей [1]:

$$P_k = \frac{4R^2 \Delta W E_0}{3B} (1 + \beta \Delta W) (K_2 - K_1), \quad (1)$$

где $2R$ – толщина доски,

B – ширина сечения доски,

K_1, K_2 -коэффициенты усушки пластей,

E_0 - модуль упругости среднего слоя.

Причем, здесь K_1 и K_2 есть средние значения коэффициентов усушки пластей.

Величина силы коробления P_k в соответствии с формулой (1) зависит также и от модуля упругости.

Гипотетическая связь коэффициента усушки с модулем упругости, предложенная проф. Б.Н. Уголевым [2] и подтвержденная в теоретических исследованиях [3] в виде:

$$K_r E_r = K_t E_t = K_x E_x, \quad (2)$$

позволила установить характер изменения коэффициента усушки:

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

и модуля упругости по ширине пласти доски [4]:

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

Формула (3) отличается от известной наличием третьего слагаемого, ответственного за появление угловых деформаций усушки, проявляющихся в особенности в брусковых пиломатериалах. По этой причине методика прогнозирования качества сушки пиломатериалов должна основываться на использовании зависимости (3).

На рис. 2 проиллюстрированы графики изменения разности коэффициентов усушки по ширине наружной и внутренней пластей (на примере сосновых досок толщиной 30 мм) в зависимости от положения доски на схеме раскроя бревна. На всех графиках разность коэффициентов усушки по ширине доски достигает наибольшего значения при некоторых значениях координаты наружной пласти, которая может быть достаточно просто найдена математически с использованием функции (5):

$$\delta = \frac{K_r x^2 + (K_t - K_r) x b_2 + K_t b_2^2}{x^2 + b_2^2} - \frac{K_r x^2 + (K_t - K_r) x b_1 + K_t b_1^2}{x^2 + b_1^2}. \quad (5)$$

Результаты экспериментальных исследований [1] свидетельствуют о том, что характер изменения разности коэффициентов усушки пластей и силы коробления одинаков.

Таким образом, можно будет найти размерные параметры пиломатериалов (ширина и толщина сечения, координаты пластей) с наибольшей сопротивляемостью пре-

дотворачению коробления при сушке и не включать такие пиломатериалы в схему раскроя бревен.

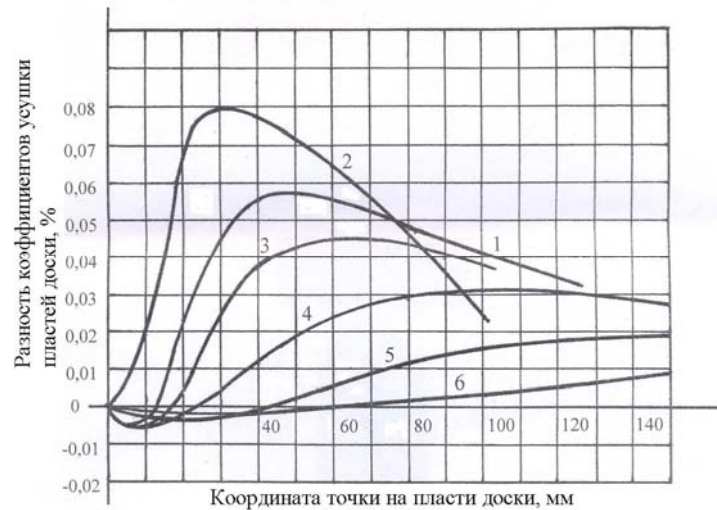


Рисунок 2 – Изменение разности коэффициентов усушки пластей досок при различных значениях координат пластей b_2/b_1 :

1 - 50/20; 2 - 40/10; 3 – 60/30; 4 – 80/50; 5 – 120/90; 6 – 180/150

Границами зоны размерных параметров досок можно избрать точки 0 и 2 с ординатами, равными ординате точки перегиба 0 на графике разности коэффициентов усушки пластей (рис.3). Таким образом, прямой линией параллельной оси X с ординатой точки перегиба, отсекается часть графика $\delta(x)$, характеризующая такие пиломатериалы с наибольшей силой коробления, которые нежелательно включать в схему распиловки бревна с целью сокращения потерь сухих пиломатериалов из-за коробления и растрескивания.

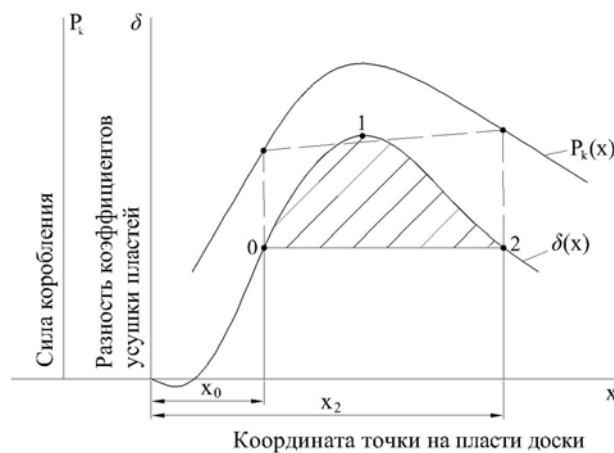


Рисунок 3 – Схема для определения размерных параметров пиломатериалов с наибольшей сопротивляемостью предотвращению коробления

Для определения абсциссы точки перегиба 0 (рис. 3) находим вторую производную функции $\delta(x)$ и приравниваем ее к нулю. В результате решения с использованием уравнения (5) и преобразований получим:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 \delta(x)}{dx^2} = K_t & \left[\frac{2b_2^2(x^2 + b_2^2)^2 - 8x^2b_2^2(x^2 + b_2^2)}{(x^2 + b_2^2)^4} (\alpha^2 - 1) + \right. \\ & + \frac{2xb_2(x^2 + b_2^2)^2 + 4xb_2(b_2^2 - x^2)(x^2 + b_2^2)}{(x^2 + b_2^2)^4} (\alpha^2 - 1) - \\ & - \frac{2b_1^2(x^2 + b_1^2)^2 - 8x^2b_1^2(x^2 + b_1^2)}{(x^2 + b_1^2)^4} (\alpha^2 - 1) - \\ & \left. - \frac{2xb_1(x^2 + b_1^2)^2 + 4xb_1(x^2 + b_1^2)(b_1^2 - x^2)}{(x^2 + b_1^2)^4} (\alpha^2 - 1) \right] \end{aligned} \quad (6)$$

Алгебраическое уравнение для нахождения абсциссы точки перегиба имеет вид:

$$\begin{aligned} & [-4x_0^2b_2^2 + 2x_0b_2(b_2^2 - x_0^2)](x_0^2 + b_1^2)^3 + [4x_0^2b_1^2 + 2x_0b_1(b_1^2 - x_0^2)](x_0^2 + b_2^2)^3 + \\ & + (b_2^2 + x_0b_2)(x_0^2 + b_2^2)(x_0^2 + b_1^2)^3 - (b_1^2 + x_0b_1)(x_0^2 + b_1^2)(x_0^2 + b_2^2)^3 = 0 \end{aligned} \quad (7)$$

Найденное значение x_0 из уравнения (7) подставляем в (5) и вычисляем $\delta(x_0)$:

$$\delta(x_0) = \frac{K_r x_0^2 + (K_t - K_r)x_0 b_2 + K_t b_2^2}{x_0^2 + b_2^2} - \frac{K_r x_0^2 + (K_t - K_r)x_0 b_1 + K_t b_1^2}{x_0^2 + b_1^2}. \quad (8)$$

Абсциссу второй точки (точки 2, рис. 3) находим, решая уравнение (8) с учетом найденного $\delta(x_0)$.

Из уравнения (7) следует, что абсцисса точки перегиба x_0 не зависит от породы древесины и от влажности досок. На этом основании можно предвидеть, что и у второй точки абсцисса будет одинаковой в случае любой породы и влажности.

Таким образом, решения (7) и (8) являются универсальными, то есть применимыми для любой породы древесины и не зависят от влажности пиломатериалов.

Все доски шириной $B/2$ меньше x_0 и больше x_2 имеют низкую сопротивляемость предотвращению коробления.

Доски шириной $x_0 \leq B/2 \leq x_2$ включать в схему распиловки нежелательно, так как они при сушке могут понизить свое качество из-за коробления, пластевых трещин и остаточных напряжений.

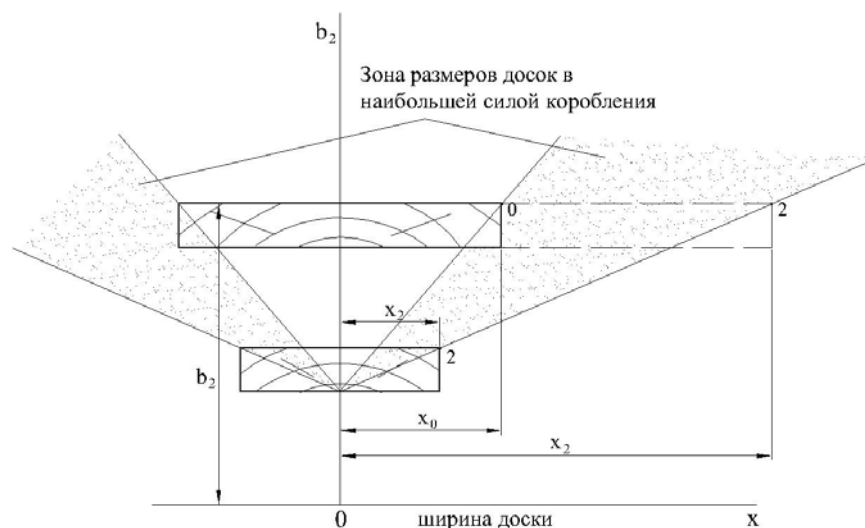


Рисунок 4 – Диаграмма для определения размеров досок с наибольшей сопротивляемостью предотвращению коробления

После установления оптимального расположения досок на схеме раскроя бревна по вышеописанной методике необходимо проверить ее по максимальной величине поперечного коробления, по разнотолщинности и по потерям из-за коробления наружной и внутренней пластей при механической обработке.

В первом случае необходимо воспользоваться формулой [5]:

$$f_{K2} = (1 - \Delta WK_r) \sqrt{a_2^2 + b_2^2} \left\{ \cos \frac{1 - \Delta WK_t}{1 - \Delta WK_r} \operatorname{arctg} \frac{a_2}{b_2} - \cos \left(\operatorname{arctg} \frac{a_2}{b_2} \right) \right\}, \quad (9)$$

где f_{K1}, f_{K2} - величина коробления внутренней и наружной пластей;

ΔW - снижение влажности древесины ниже предела гигроскопичности, %;

K_r, K_t - коэффициенты усушки в радиальном и тангенциальном направлениях.

Полученное значение f_{K2} необходимо сравнить с допусаемым короблением по стандарту в соответствии с сортом пиломатериалов. В случае превышения коробления над стандартным пределом необходимо вернуться вновь к поиску более оптимального размещения доски на схеме раскроя пиловочника.

Таким образом, при составлении схемы распиловки вразвал или с брусочкой на один брус с использованием выбранного выше критерия в некоторой средней части нужно будет выпиливать доски по другой схеме в отличие от выбранной первоначально. Например, при распиловке вразвал (рис. 5, а) доски в опасной зоне $2x_2$ при последующей сушке понизят свое качество из-за пластевого растрескивания и коробления. Все доски, расположенные в зоне, размеры которой можно определить по предлагаемой нами методике, нужно будет распилить, например, пополам (рис. 5, б).

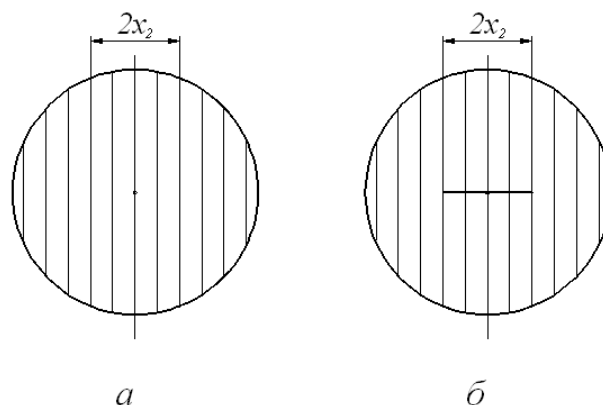


Рисунок 5 – Распиловка вразвал

При распиловке с брусковкой на один брус (рис. 6, а) толщину бруса нужно согласовать с размером опасной зоны. Толщина бруса не должна быть меньше размера $2x_2$ опасной зоны. При распиловке бруса часть досок из центральной зоны также будет подвержена растрескиванию и короблению. Эта зона должна быть распилена на бруски, либо на доски, как показано на рис. 6, б.

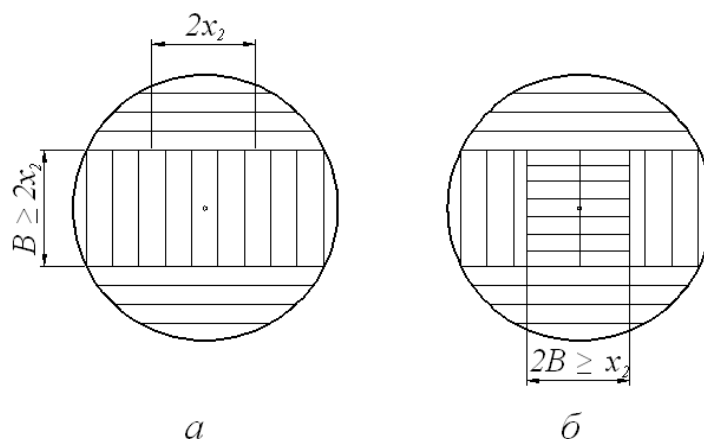


Рисунок 6 – Схема распиловки бревен

Для сравнения различных вариантов размещения досок на схеме распиловки выполняется вторая проверка, учитывающая потери древесины из-за разнотолщинности досок.

Разнотолщинность досок есть разность между поперечным короблением внутренней и наружной пластей. Потери в стружку из-за разнотолщинности:

$$P_p = \frac{f_{K1} - f_{K2}}{S} \cdot 100\% . \quad (10)$$

Расход сухой древесины в стружку из-за коробления при механической обработке в относительных величинах:

$$P_k = \frac{f_{K2} + f_{K1}}{S} \cdot 100\% . \quad (11)$$

Зависимости (5), (7), (8), (9), (10) и (11) служат основой для составления компьютерной программы, которая позволит прогнозировать качество сушки пиломатериалов на стадии составления схем раскроя пиловочника вразвал и с брусочкой на один брус.

Библиографический список

1. Соколов П.В., Глухих В.Н. Влияние некоторых факторов на силу коробления древесины. М.: Деревообрабатывающая промышленность, 1971, №3.
2. Уголев Б.Н. Деформативность древесины и напряжения при сушке. М.: Лесная промышленность, 1971.- 174с.
3. Глухих В.Н. Анизотропия древесины как фактор для повышения качества сушки пиломатериалов. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2007. – 163с.
4. Глухих В.Н. Анизотропия коэффициента усушки и постоянных упругости древесины поперек волокон. СПб.: Известия СПбГЛТА, вып. 2008.

Гороновский А.Р., Голякевич С.А.

(БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь) golsera@rambler.ru

ВЫБОР ЭФФЕКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИВОДА МНОГООПЕРАЦИОННЫХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН PARAMETERS DETERMINATION FOR EFFECTIVE DRIVING MULTIFUNCTIONAL FOREST MACHINES

Снижение эксплуатационных затрат при работе лесных машин является важной прикладной задачей. Одним из путей ее решения является выбор рациональных параметров привода технологического оборудования и движителя для заданных эксплуатационных условий. Для большинства лесотранспортных машин (трелевочных тракторов, форвардеров, автомобильного лесовозного транспорта) существуют известные методики такого выбора, однако они не применимы к лесным машинам, выполняющим технологические операции не связанные с передвижениями самой машины (харвестерам).

При выборе мощностных параметров двигателя многооперационных лесных машин обычно руководствуются максимальными затратами мощности на привод движителя [1]. Практическое применение таких машин показало, что мощности двигателя, выбранного по такому критерию, часто не достаточно для производительной работы харвестера.

Для подобного типа машин может применяться методика, основанная на выборе параметров по максимальным мощностным потребностям технологического оборудования (манипулятора с харвестерной головкой) [2]. Однако такая методика также не оправдала себя.

С целью выбора рациональной методики расчета по обоснованию параметров привода технологического оборудования и движителя, а также выбору критерия оценки эффективности работы харвестера, с точки зрения производительности и энергозатратности, нами были рассмотрены энергетические затраты следующих технологических

операций: перемещение харвестера в условиях лесосеки, обрезка сучьев при протаскивании дерева в харвестерной головке, как отдельная операция, и протаскивание дерева в харвестерной головке, совмещенное с его перемещением в различных плоскостях при помощи манипулятора.

Использование расчетных методик [1] и [2] позволило установить, что величины мощностей требуемых на протаскивание дерева в харвестерной головке и на перемещение по лесосеке для харвестеров различного назначения соотносятся по-разному. Для примера, рассмотрим графики зависимостей мощности затрачиваемой на движение харвестера с колесной формулой 4К4 с равномерно распределенными опорными реакциями со скоростью 2 км/ч (рисунок 1б) и на работу его технологического оборудования (рисунок 1а). Харвестеры с такой колесной формулой применяются в основном на рубках ухода. Диаметр деревьев $d_{1,3}$ при таких рубках согласно [3], как правило, не превышает 13-15 см, т.е. для сосновых лесов 2-го класса бонитета (наиболее часто встречаются в условиях Республики Беларусь), требуемая на привод харвестерной головки мощность достигает лишь 25 кВт. Согласно проведенному обзору конструкций, масса таких харвестеров находится в пределах от 9 до 14 т. Следовательно, мощность затрачиваемая на движение в условиях 3-го типа почв для различных статических диаметров колес (от 0,8 до 1,6 м) составляет от 67 до 50 кВт соответственно. Уменьшение скорости передвижения до 1 км/ч снижает величину мощности соответственно до 33-25 кВт, что сопоставимо с величиной мощности требуемой на привод харвестерной головки.

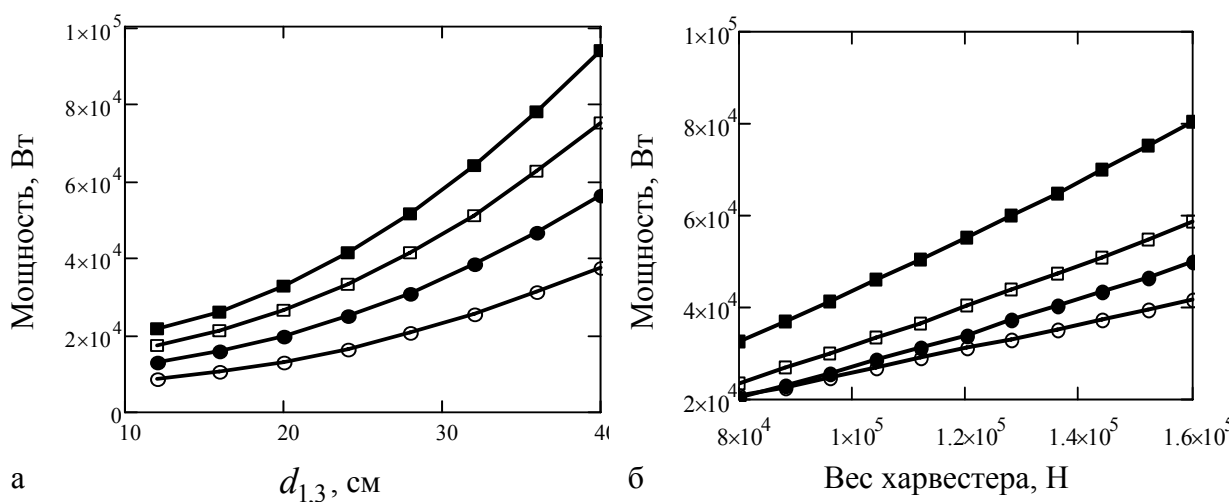


Рисунок 1 – Зависимости изменения мощности необходимой на:

а) привод технологического оборудования, б) движителя при различных эксплуатационных условиях

Иначе дело обстоит с соотношением мощностей для харвестеров работающих в условиях рубок главного пользования. Там в основном применяются шасси с колесными формулами 6К6 и тяжелые модели 8К8. Большинство таких харвестеров имеют массу в пределах от 12,5 до 16 т для 6К6 и до 22-23 т для 8К8. Мощность необходимая для преодоления сил сопротивления движению для харвестеров 8К8 достигает 55 кВт при скорости движения 1 км/ч (рисунок. 2 б) и 95-100 кВт для 2 км/ч (рисунок 2 а).

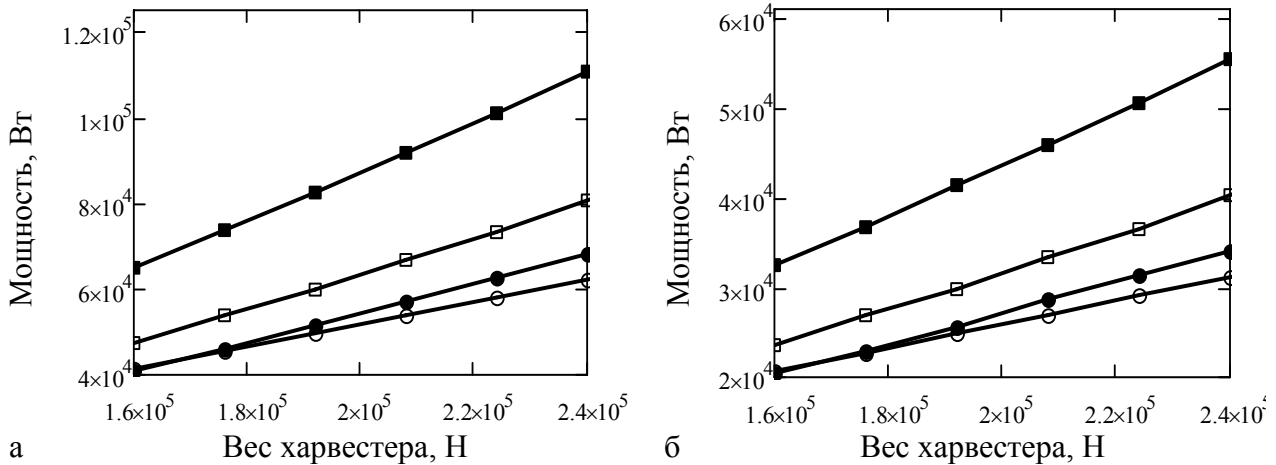


Рисунок 2 – Зависимости мощности необходимой на привод движителя:

а) скорость движения 2 км/ч, б) скорость движения 1 км/ч.

Мощность привода харвестерных головок в этом случае достигает 95 кВт и более (рисунок. 1а) при обеспечении скорости протаскивания 5 м/с. Это означает, что для большинства харвестеров, применяемых на рубках главного пользования, мощность привода харвестерной головки на 20-30 кВт больше мощности требуемой для привода колесного движителя даже для высоких для таких условий скоростей передвижения.

Многие операторы используют на практике совмещение операций – способ работы, когда выполнение нескольких технологических операций происходит параллельно. Наиболее распространенными такими операциями являются одновременное протаскивание дерева в харвестерной головке и его перемещение к месту раскрывки. Такое совмещение позволяет сократить время рабочего цикла харвестера, однако требует большей мощности на одновременный привод манипулятора и харвестерной головки. Анализ нагруженности шарнирно-рычажного манипулятора с телескопической рукоятью позволил установить зависимость между мощностью, затрачиваемой на привод манипулятора, и вылетом при различных диаметрах дерева (рисунок 3).

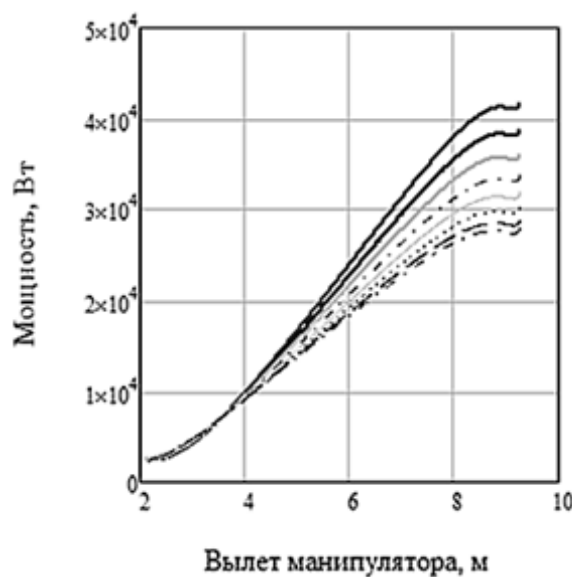


Рисунок 3 – Зависимость мощность привода манипулятора от его вылета при различных диаметрах $d_{1,3}$ (графики построены для диаметров деревьев от 26 до 40 см)

Для диаметров деревьев 32-40 см и на максимальных вылетах манипулятора 7-9 м, требуемая мощность его привода составляет 30-40 кВт. Это означает, что суммарная мощность привода технологического оборудования для данных условий может составить до 135 кВт и более. Разработка привода технологического оборудования рассчитанного на работу с такими мощностями влечет за собой повышенный расход топлива и, как следствие, увеличение себестоимости заготовленной древесины.

Обоснованное снижение проектной мощности привода технологического оборудования харвестера и энергонасыщенности харвестера в целом требует выбора комплексного критерия оптимизации его параметров. Максимальная мощность привода технологического оборудования, указанная выше, будет использоваться крайне редко. Для примера рассмотрим случай работы харвестера при сплошных рубках главного пользования, на лесосеке имеющей следующие параметры распределения деревьев (нормальный закон распределения):

μ — математическое ожидание диаметров деревьев (26 см);

σ — среднеквадратичное отклонение (3 см).

На лесосеке присутствуют деревья различного диаметра от 10 до 40 см, однако доверительный интервал, в котором находится максимальное количество деревьев находится в промежутке от 15 до 35 см. Тем не менее, значение мощности необходимой для обработки дерева с $d_{1,3} = 35$ см при скорости протаскивания 5 м/с достаточно велико и достигает 80 кВт при раздельном выполнении технологических операций и 115-120 кВт при работе в режиме совмещения операций.

Одним из путей снижения величины максимальной мощности является уменьшение скорости протаскивания деревьев большого диаметра. Однако это влечет за собой снижение производительности работ харвестера.

В качестве оптимизационного критерия параметров производительности и энергонасыщенности нами был рассмотрен энергетический потенциал производительности (ЭПП), предложенный в [4] Ю.В. Гинзбургом и А.И. Шведом для комплексной оценки эффективности дорожно-строительных машин. Данный критерий был доработан и изменен с учетом специфики лесозаготовительных работ. В нашем случае ЭПП представляет собой произведение производительности операции по обработке дерева и вероятности его появления с заданными таксационными параметрами отнесенного к требуемой на эту обработку мощности. Для варианта обрезки сучьев без использования совмещения операций выражение для определения ЭПП выглядит следующим образом:

$$\text{ЭПП} = \frac{p(d) \cdot V_{\text{ств}} \cdot v_{\text{прот}}}{N_{\text{OC}}}$$

где $p(d)$ – вероятность появления дерева в заданном промежутке диаметров;

$v_{\text{прот}}$ - скорость протаскивания дерева в харвестерной головке;

N_{OC} - мощность, требуемая для обрезки сучьев при заданной скорости протаскивания.

Максимуму функции ЭПП соответствуют наиболее рациональные для заданных условий соотношения между производительностью работы и затрачиваемой мощностью. Для найденного максимального значения ЭПП выбирается соответствующее ему значение мощности при максимальной скорости протаскивания. Такой выбор обеспечивает возможность обработки деревьев с диаметром меньше расчетного на макси-

мальной скорости протаскивания, а деревьев больших диаметров со сниженными скоростями (рисунок 4). В машине такой подход может быть реализован посредством установки в гидросистеме регулятора мощности с функцией чувствительности к нагрузке (load-sensing). Это означает, что мощность привода будет регулироваться путем изменения подачи гидронасоса в зависимости от потребности технологического оборудования и движителя (в случае применения гидростатической трансмиссии).

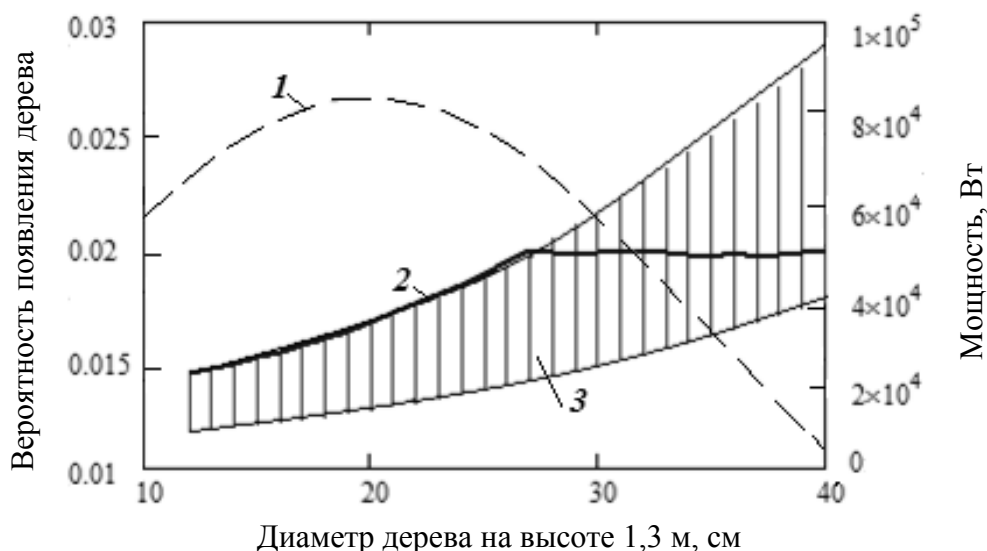


Рисунок 4 – Использование ЭПП для определения необходимой мощности привода харвестерной головки: 1 – график распределения деревьев по диаметрам; 2 – изменение мощности с увеличением диаметра дерева; 3 – диапазон изменения мощностей протаскивания дерева со скоростью от 2 до 5 м/с

Полученное таким образом значение мощности должно быть обязательно сопоставлено с мощностью, требуемой для передвижения харвестера. В случае если последняя окажется больше следует принять ее в качестве проектной.

Анализ полученных данных позволил установить, что при увеличении диапазона отклонений диаметров деревьев, максимум ЭПП смещается в сторону больших диаметров. Это объясняется тем, что деревьев с большими диаметрами становится больше, и заданной мощности становится не достаточно для обеспечения приемлемой производительности в таких лесах. Сокращение же величины отклонения диаметров деревьев от среднего значения, напротив, приближает выбираемое значение требуемой мощности к мощности необходимой для обработки наиболее часто встречающегося дерева.

Таким образом, для харвестеров различных колесных формул и массово-геометрических параметров существуют различные соотношения между технологическими и транспортными энергозатратами, что необходимо учитывать на этапе проектирования таких машин. Установлено, что для харвестеров 6К6 мощность необходимая на привод технологического оборудования больше мощности затрачиваемой на привод движителя на 20 – 30 кВт при раздельном выполнении операций и до 60-70 кВт при их совмещении. На основе полученных зависимостей, для харвестеров различного назначения и условий эксплуатации разработана методика мощностного расчета привода технологического оборудования и движителя, учитывающая, энергетические затраты, производительность работы машины и специфику работы оператора.

Библиографический список

1. Гуськов В.В. [и др.] Тракторы: Теория: учеб. / под общ. ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.
2. Вороницин К.И., Гугелев С.М., Машинная обрезка сучьев на лесосеке – М.: Лесн. промышленность 1989. – 272с.
3. А.П. Матвейко, А.С. Федоренчик «Технология и машины лесосечных работ»: Учебник для ВУЗов – Мн.: Технопринт, 2002. -480с.
4. Гинзбург, Ю.В. Промышленные тракторы / Ю.В. Гинзбург, А.И. Швед, А.П. Парфенов – М.; Машиностроение, 1986. – 296 с.

Гороховский А. Г. (ОАО «УралНИИПДрев», г. Екатеринбург, РФ),
Мялицин Ал. В. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) mialitsin@k66.ru

СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ ЭНЕРГИИ ПРИ СУШКЕ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В КАМЕРАХ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ТУННЕЛЬНОГО ТИПА *REDUCING ENERGY CONSUMPTION WHILE PROGRESSIVE KILN-DRYING*

Любая сушильная камера – это энергетический комплекс, характеризующийся такими параметрами, как время, пространство и конечное качество. Каждому из них соответствуют определенные денежные инвестиции и операционные расходы. Все больше внимания производители уделяют внедрению энергосберегающих технологий. Современный экономический кризис сделал тему ресурсосбережения чрезвычайно актуальной.

В 2005 – 2006 г.г. ОАО «УралНИИПДрев» спроектировал, изготовил и смонтировал 2 лесосушильных камеры СКТБ-Т-1-54 в Кормовищенском ЛПХ и Кыновском ЛПХ (Пермский край). Данные камеры в ходе их испытаний и дальнейшей эксплуатации помимо высокого качества сушки показали также высокую экономичность.

Нами проведен сравнительный анализ затрат энергии на сушку пиломатериалов в камере СКТБ-Т-1-54 и СП-5КМ. По известным методикам [3] отдельно рассчитывался расход тепловой энергии на начальный прогрев пиломатериалов, испарение влаги и потери через ограждения, а также расход электрической энергии. Общий вид камеры СКТБ-Т-1-54 изображен на рис. 1. Исходные данные для расчета приведены в табл. 1. Технические характеристики камеры приведены в табл. 1.

Начальная температура древесины принималась равной температуре наружного воздуха для зимнего периода времени. В расчетах принималось, что температура воздуха, подаваемого в камеру, соответствует наружной.

В качестве расчетного пиломатериала взяты еловые доски толщиной 40 мм, шириной 150 мм с начальной влажностью 60 и конечной 18%. Условная плотность для ели принималась 390 кг/м³. Параметры сушильного агента принимались в соответствии с режимами сушки пиломатериалов мягких хвойных пород в противоточных камерах непрерывного действия по ГОСТ 18867 – 84 [1].

При расчетах не учитывались расход теплоты на начальный прогрев оборудования и потери, происходящие при раскрывании дверей камеры с целью закатки или выкатки штабелей, а также при измерении влажности древесины в процессе сушки. Принималось, что процесс сушки проводится в полном соответствии с рекомендациями соответствующих Руководящих технических материалов по технологии камерной сушки пиломатериалов [2]. Удельный расход теплоты будет несколько большим при неполной загрузке камер, для блоков меньшей производительности, а также в случае, если коэффициенты теплопередачи ограждений будут иметь большее значение по сравнению с принятыми при расчетах.

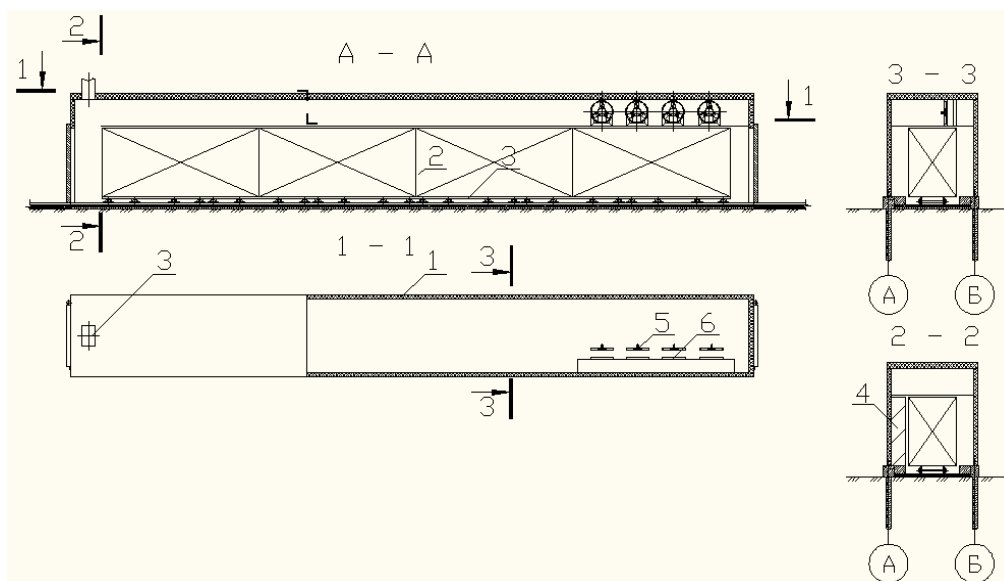


Рисунок 1 – Общий вид экспериментальной лесосушильной камеры непрерывного действия СКТЬ-Т-1-54:

- 1 – корпус камеры;
- 2 – штабель пиломатериала;
- 3 – подштабельная тележка;
- 4 – экран;
- 5 – блок вентиляторов тип ВО12-303-6,3;
- 6 – калориферы типа КСК 3-11.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета затрат энергии на сушку

№	Наименование показателя	СКТЬ-Т-1-54	СП-5КМ
1.	Режим сушки	Мягкий (экспериментальный)	Мягкий (РТМ)
2.	Температура сушильного агента, °С:		
3.	по сухому термометру	50	53
	по мокрому термометру	41	43
4.	Относительная влажность воздуха в сыром конце камеры, %	0,82	0,82
5.	Продолжительность сушки, час	118	98,23

Таблица 2 – Технические характеристики камер

№	Наименование характеристики	СКТБ-Т-1-54	СП-5КМ
1.	Габаритные размеры штабеля, м	2,6x1,8x6,0	4x1,8x7,0
2.	Число штабелей	4	10
3.	Емкость штабеля в условном пиломатериале, м ³	13,31	23,89
4.	Годовая производительность камеры в условном пиломатериале, м ³ /год	5000	11000
5.	Установленная мощность электродвигателей,		
6.	кВт	4,4	51
7.	Расчетная скорость воздуха в штабеле, м/с	0,8	4
8.	Теплоноситель	горячая вода	горячая вода

Расход теплоты определяется графо-аналитическими расчетами с использованием построения процесса сушки на Id-диаграмме [3]. Ввиду громоздкости все расчеты не приводятся.

Результаты расчета затрат энергии на сушку, а также ее стоимости приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Расчет удельных затрат тепловой и электрической энергии на сушку древесины в камерах непрерывного действия

№	Составляющие затрат энергии (или ее стоимость)	Размерность	Камера	
			СКТБ-Т-1-54	СП-5КМ
	Тепловая энергия:			
1.	Испарение влаги из древесины	ГДж/м ³	0,454	0,566
2.	Нагрев камеры и древесины	ГДж/м ³	0,129	0,127
3.	Потери через ограждения камеры	ГДж/м ³	0,06	0,02
4.	Всего тепловой энергии	ГДж/м ³	0,643	0,713
	Стоимость тепловой энергии	руб/ м ³	257,2	285,2
	Электрическая энергия:			
5.	Привод вентилятора	кВт · час/м ³	15,48	64,58
	Стоимость электрической энергии	руб/ м ³	46,44	193,74
	Суммарная стоимость энергии	руб/ м ³	303,64	478,94

Примечание:

При расчете взяты следующие цены на энергию:

- тепловая энергия 400 руб. за 1 Гкал;
- электроэнергия 3 руб. за 1 кВт·час.

Выводы

1. Стоимость затраченной энергии (на единицу высушенного пиломатериала) в случае сушки пиломатериалов в камере СКТБ-Т-1-54 на 36,6 % меньше, чем при сушке в камере СП-5КМ. При этом стоимость электрической энергии на сушку пиломатериалов в камере СКТБ-Т-1-54 меньше на 76 %.

2. Снижение затрат энергии в камере СКТБ-Т-1-54 происходит за счет того, что:

- в камере СКТБ-Т-1-54 установлены 4 вентилятора мощностью 1,1 кВт каждый (в камере СП-5КМ установлено 3 вентилятора мощностью 17 кВт каждый);

- разработанный режим сушки позволяет уменьшить затраты тепловой энергии на испарение влаги из древесины по сравнению со стандартным режимом [1].

Библиографический список

1. ГОСТ 18867 – 84. Пиломатериалы хвойных пород. Режимы сушки в противоточных камерах непрерывного действия [Текст]. – Взамен ГОСТ 18867-73 ; введ. 1985–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 2005. – 6 с.
2. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки пиломатериалов [Текст] / Архангельск: ОАО «Научдревпром - ЦНИИМОД», 2000. – 125 с.
3. Степанов В. И. Проектирование сушильных камер непрерывного действия [Текст] : учеб. пособие для студентов специальности 26.02.00 всех форм обучения/ В. И. Степанов, Т.В. Ермолина, П. Е. Зубань, В. Ф. Ушанов. – Красноярск: СибГТУ, 2001. – 122 с. – ISBN 5-8173-0028-1.

Гороховский А.Г., Шишкина Е.Е., Гороховский А.А.

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) elenashishkina@yandex.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ И ВЕЛИЧИНЫ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМОВ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ *IMPROVING CONVECTIVE TIMBER DRYING*

Анализируя мнение основоположников отечественной науки о сушке древесины Н.С. Селюгина [1], П.С. Серговского [2] и И.В. Кречетова [3] можно выделить следующие основные факторы, определяющие качество сушки пиломатериалов:

- требования к качеству сушки
- контроль качества
- свойства древесины, как материала, подвергаемого сушке
- технология сушки

РТМ [4] нормируют требования к качеству сушки, устанавливая при этом:

- категории качества сушки
- перечень показателей качества сушки, к которым относятся:

а) Соответствие средней влажности высушенных пиломатериалов в штабеле заданной конечной влажности;

б) Величина отклонений влажности отдельных досок или заготовок от средней влажности пиломатериалов в штабеле;

в) Перепад влажности по толщине пиломатериалов (заготовок);

г) Остаточные напряжения в высушенных пиломатериалах (заготовках).

- Значение показателей и условия их определения.

Показатели качества сушки пиломатериалов (заготовок) подлежат нормированию. Нормы устанавливаются в зависимости от категории качества сушки и условий эксплуатации изделий [4].

Вопросы, касающиеся влияния режимов сушки на качество сушки пиломатериалов, весьма подробно исследованы в 50-е – 80-е годы [2, 5 – 9 и др].

П.С. Серговский, один из основоположников отечественной науки о сушке древесины, в [2, 5, 6] отмечает, что от режима сушки зависят не все качественные показатели, а только два из них: целостность материала, обусловленная величиной полных внутренних напряжений в древесине, и степень сохранения прочности древесины, обусловленная уровнем и длительностью температурных воздействий на нее.

Построение режимов сушки должно производиться таким образом, что по ходу всего процесса максимальные значения внутренних напряжений в древесине не превысили максимально допустимой величины. Режим характеризуется коэффициентом безопасности:

$$B = \frac{\sigma_{пр.р.}}{\sigma_{макс}}, \quad (1)$$

где $\sigma_{пр.р.}$ – расчетный предел прочности древесины;

$\sigma_{макс}$ – максимальная величина внутренних напряжений.

Оптимальным является (по мнению авторов) такая величина параметров сушильного агента (t и ϕ), при которой $B = 1$. Если $B < 1$, то режим не обеспечивает сохранения целостности материала, если $B > 1$, не достигается максимально возможная интенсивность процесса. При этом сам П.С. Серговский не дает ответа на вопрос о возможных (допустимых) отклонениях величины B при разработке и практическом изменении конкретного режима, а Л.П. Красухина [8] дает величину $\pm 0,02$, т.е. $\pm 2\%$. Однако РТМ [10] для предела прочности древесины дает значение коэффициента вариации 10% . При этом качество сушки может быть полностью гарантировано при $B = 1,3$ (с вероятностью $p = 99, 87\%$) [11]. Соответственно, при $B = 1,2$ гарантировано с вероятностью $p = 95\%$, а при $B = 1,1$, $p = 90\%$.

Совокупность параметров режима однозначно определяет величину показателей эффективности и качества высушиваемой древесины [11]. Следовательно, задача о повышении значений данных показателей может рассматриваться как оптимизационная (рис. 1).

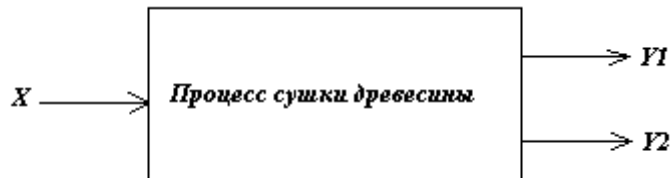


Рисунок 1 – Постановка задачи оптимизации процесса сушки древесины

X – вектор управляющих факторов;

$Y1$ – вектор параметров эффективности;

$Y2$ – вектор параметров качества.

Для математического описания процесса низкотемпературной конвективной сушки неограниченной пластины (пиломатериала) А.В. Лыков [12, 13], М.С. Смирнов [14] и Г.С. Шубин [15] предлагают следующую систему дифференциальных уравнений в частных производных (ДУЧП).

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \nabla^2 t + \frac{\varepsilon \cdot \rho}{c} \frac{\partial u}{\partial \tau}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = a_m \nabla^2 u + a_m \delta \nabla^2 t, \quad (3)$$

Для неограниченной пластины начальные и граничные условия III рода имеют вид:

$$t(x_0, 0) = f(x), \quad (4)$$

$$u(x, 0) = \varphi(x), \quad (5)$$

$$-\lambda \frac{\partial t(R, \tau)}{\partial x} + \alpha [t_c - t(R, \tau)] - (1 - \varepsilon) \rho_0 \alpha_m [u(R, \tau) - u_p] = 0 \quad (6)$$

$$a_m \frac{\partial u(R, \tau)}{\partial x} + a_m \delta \frac{\partial t(R, \tau)}{\partial x} + \alpha_m [u(R, \tau) - u_p] = 0 \quad (7)$$

Условие симметрии:

$$\frac{\partial t(0, \tau)}{\partial x} = \frac{\partial u(0, \tau)}{\partial x} = 0 \quad (8)$$

где t – температура, $^{\circ}\text{C}$;

u – влажность;

τ – время, с;

a – коэффициент теплопроводности, $\text{м}^2/\text{с}$;

a_m – коэффициент влагопроводности, $\text{м}^2/\text{с}$;

ε – коэффициент фазового превращения;

ρ – плотность древесины, $\text{кг}/\text{м}^3$;

c – теплоемкость древесины, $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{град})$;

δ – термоградиентный коэффициент;

x – координата в направлении толщины пластины, м;

R – половина толщины пластины, м;

λ – коэффициент теплопроводности, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{град})$;

α – коэффициент теплообмена, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{град})$;

α_m – коэффициент влагообмена, $\text{м}/\text{с}$;

ρ_0 – базисная плотность древесины, $\text{кг}/\text{м}^3$;

t_c – температура среды, $^{\circ}\text{C}$;

u_p – равновесная влажность древесины.

Для решения системы (2) – (8) разработано программное обеспечение (ПО) в вычислительной среде Mathcad – 14 [16] на основе неявного метода [17, 18, 19]. Кроме того, использовалось ПО для расчета внутренних напряжений [11] на основе многостержневой модели доски [20]. Используя вышеупомянутое ПО был реализован вычислительный эксперимент. Постоянными факторами при проведении эксперимента были следующие:

1. Вид пиломатериала – условный (сосна, сечение 40x150 мм);

2. Тип режима – бесступенчатый [11]

- температура обрабатываемой среды

$$t_c = t_n + (t_k - t_n) \frac{(u_n - u)}{(u_n - 0,1)}; \quad (9)$$

- равновесная влажность

$$u_p = u_{pk} + (u_{pn} - u_{pk}) e^{-e^{-(b_0 + b_1 u)}}, \quad (10)$$

где t_n , t_k – соответственно, начальная и конечная температура агента сушки, $^{\circ}\text{C}$;

u_n , u – соответственно, начальная и текущая влажность древесины;

u_{pn} , u_{pk} – соответственно, начальное и конечное значение равновесной влажности;

b_0, b_1 – коэффициенты.

Выражение (10) представляет собой функцию желательности [21], которая характеризуется двумя переходными значениями u , обозначенными соответственно $u_{п1}$ и $u_{п2}$. Причем $u_{п2} = 0,35$ и $u_{п1} = 0,6$ – оставались постоянными во всех опытах. Теплофизические характеристики древесины и среды определялись по известным выражениям Г.С. Шубина [15]. Переменные факторы при проведении эксперимента: $u_{рн}$ (x_1), $u_{рк}$ (x_2), $u_{п1}$ (x_3), $t_{н}$ (x_4), $t_{к}$ (x_5).

Факторы варьировались на трех уровнях, их значения в кодированном и натуральном выражении представлены в табл. 1.

Выходные параметры:

τ_1 (y_1) – продолжительность сушки пиломатериалов до влажности $W = 12\%$;

τ_2 (y_2) – продолжительность сушки пиломатериалов до влажности $W = 7\%$;

$S_{т}$ (y_3) – перепад влажности по толщине доски [4];

S_w (y_4) – среднее квадратическое отклонение влажности [22, 23];

B_{min} (y_5) – минимальное значение критерия безопасности режима в процессе каждой сушки.

Таблица 1 – Переменные факторы при проведении вычислительного эксперимента

№ п/п	Факторы	Значение фактора на уровнях					
		Нижний		Основной		Верхний	
		Кодир.	Натур.	Кодир.	Натур.	Кодир.	Натур.
1	$u_{рн}$ (x_1)	-	0,1	0	0,14	+	0,18
2	$u_{рк}$ (x_2)	-	0,02	0	0,03	+	0,04
3	$u_{п1}$ (x_3)	-	0,1	0	0,15	+	0,2
4	$t_{н}$ (x_4)	-	60	0	70	+	80
5	$t_{к}$ (x_5)	-	80	0	90	+	100

В процессе эксперимента был реализован план Хартли [24], состоящий из 27 опытов. В результате были получены зависимости каждого выходного параметра от входных в виде полиномов второго порядка.

Затем проводилась оптимизация по каждому из выходных параметров ($\tau_1, \tau_2, S_{т}, S_w, B_{min}$).

Постановка задач оптимизации была следующая:

$$\left. \begin{aligned} y_1 &\rightarrow \min \\ -1 &\leq X \leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

$$\left. \begin{aligned} y_2 &\rightarrow \min \\ -1 &\leq X \leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

$$\left. \begin{aligned} y_3 &\rightarrow \min \\ -1 &\leq X \leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

$$\left. \begin{aligned} y_4 &\rightarrow \min \\ -1 &\leq X \leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

$$\left. \begin{aligned} y_5 &\rightarrow \min \\ -1 &\leq X \leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

где $X = \begin{pmatrix} x1 \\ x2 \\ x3 \\ x4 \\ x5 \end{pmatrix}$

Результаты оптимизации, проведенной в вычислительной системе Mathcad-14 (с применением процедуры Given-Minimize) приведены в табл. 2.

Однако наибольший интерес представляют результаты оптимизации режима по требуемой категории качества (табл. 3). Постановка задачи оптимизации была следующей:

I категория качества:

$$\left. \begin{aligned} \tau_2 &\rightarrow \min \\ -1 &\leq X \leq 1 \\ B_{\min} &\geq 1,3 \\ S_w &\leq 0,01 \\ S_T &\leq 0,02 \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

II категория качества:

$$\left. \begin{aligned} \tau_2 &\rightarrow \min \\ -1 &\leq X \leq 1 \\ B_{\min} &\geq 1,2 \\ S_w &\leq 0,015 \\ S_T &\leq 0,025 \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

III категория качества:

$$\left. \begin{aligned} \tau_2 &\rightarrow \min \\ -1 &\leq X \leq 1 \\ B_{\min} &\geq 1,2 \\ S_w &\leq 0,02 \\ S_T &\leq 0,035 \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

Таблица 2 – Результаты оптимизации режима сушки по частным критериям

№ п/п	Управляющий фактор	Значения управляющих факторов для критериев оптимальности				
		τ_1 (час)	τ_2 (час)	S_T	S_w	B_{\min}
1	$u_{рн}$	0,1	0,1	0,18	0,18	0,18
2	$u_{рк}$	0,02	0,02	0,04	0,04	0,02
3	$u_{п1}$	0,2	0,174	0,1	0,1	0,1
4	$t_n, ^\circ C$	80	80	60	60,5	80
5	$t_k, ^\circ C$	92	100	100	99,5	100
Значение критерия оптимальности		90,8	120	0,011	0,088	2,039

Таблица 3 – Результаты оптимизации режимов сушки по категориям качества

№ п/п	Управляющий фактор / критерий качества	Значения управляющих факторов / критериев оптимальности		
		I	II	III
1	$u_{рн}$	0,168	0,11	0,1
2	$u_{рк}$	0,036	0,033	0,038
3	$u_{п1}$	0,1	0,1	0,2
4	$t_{п}, ^\circ\text{C}$	66,25	74,7	80
5	$t_{к}, ^\circ\text{C}$	100	100	100
6	τ_2 (час)	247	179	143
7	B_{\min}	1,703	1,299	1,263
8	$S_{Г}$	0,019	0,03	0,035
9	S_w	0,01	0,015	0,02

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Режим сушки определяет все качественные показатели сушки древесины.
2. Целесообразно выбирать режим сушки, исходя из требуемой категории качества сушки, хотя действующие РТМ [4] это не предусматривают.
3. Выбор режима соответственно категории качества позволяет существенно снизить продолжительность сушки, а значит и расход энергии. Кроме того, это позволит иметь большую производительность камеры.
4. Высокое качество сушки (даже соответствующее I категории) может быть достигнуто без применения влаготепло- и кондиционирующей обработки пиломатериалов.

Библиографический список

1. Селюгин, Н.С. Сушка древесины [Текст] / Н.С. Селюгин. М.; Л.: Гослестехиздат, 1949.
2. Серговский, П.С. Гидротермическая обработка древесины [Текст] / П.С. Серговский. М.: Лесн. пром-сть, 1975.
3. Кречетов, И.В. Сушка древесины [Текст] / И.В. Кречетов. М.: Лесн. пром-сть, 1977.
4. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки древесины [Текст]. Архангельск: ЦНИИМОД, 1985.
5. Серговский, П.С. О рациональных режимах сушки пиломатериалов в воздушных камерах периодического действия [Текст] / П.С. Серговский // Деревообрабатывающая промышленность. 1969. № 2. С. 1 – 4.; № 3. С.1 – 4.
6. Серговский, П.С. О рациональных режимах сушки пиломатериалов в высокотемпературных сушилках [Текст] / П.С. Серговский // Деревообрабатывающая промышленность. 1962. № 1. С. 4 – 8.; № 2. С. 2 - 6.
7. Николайчук, М.В. Оптимальная степень насыщенности сушильного агента в процессе сушки пиломатериалов хвойных пород при пониженных температурах [Текст] / М.В. Николайчук // Механическая обработка древесины. 1973. № 1.

8. Красухина, Л.П. О рациональных режимах сушки березовых пиломатериалов в камерах периодического действия [Текст] / Л.П. Красухина // *Деревообрабатывающая промышленность*. 1988. № 6. С. 5 - 7.
9. Серговский, П.С. Новые режимы сушки осиновых пиломатериалов [Текст] / П.С. Серговский, А.А. Фахретдинов // *Деревообрабатывающая промышленность*. 1991. № 1. С. 4 - 7.
10. Руководящие технические материалы: Древесина. Показатели физико-механических свойств [Текст]. М.: Стандартгиз, 1962.
11. Гороховский, А.Г. Технология сушки пиломатериалов на основе моделирования и оптимизации процессов тепломассопереноса в древесине [Текст]: дисс. ... д-ра техн. наук / Гороховский Александр Григорьевич. СПб, 2008.
12. Лыков, А.В. О предельных переходах системы дифференциальных уравнений тепломассопереноса [Текст] / А.В. Лыков // *Инженерно-физический журнал*. 1973. Т. XXIV. № 1. С. 152 - 155.
13. Лыков, А.В. О системах дифференциальных уравнений тепломассопереноса в капиллярно-пористых телах [Текст] / А.В. Лыков // *Инженерно-физический журнал*. 1974. Т. XXVI. № 1. С. 18 - 25.
14. Смирнов, М.С. О системе дифференциальных уравнений процесса сушки [Текст] / М.С. Смирнов // *Инженерно-физический журнал*. Т. IV. № 9. С. 40 - 44.
15. Шубин, Г.С. Сушка и тепловая обработка древесины [Текст] / Г.С Шубин. М.: Лесн. пром-сть, 1990. 336 с.
16. Кирьянов, Д.В. Mathcad – 12 [Текст] / Д.В. Кирьянов. СПб.: БХВ – Петербург, 2005.
17. Гаврилова, Р.И. Исследование процесса сушки с переменными коэффициентами тепло- и массопереноса [Текст] / Р.И. Гаврилова // *Инженерно-физический журнал*. Т. VII. № 8. 1964. С. 37 - 42.
18. Логинов, Л.И. Численное интегрирование системы уравнений тепломассообмена с помощью неявных формул [Текст] / Л.И. Логинов, П.П. Юшков // *Инженерно-физический журнал*. Т. III. № 10. 1960. С. 93 - 108.
19. Юшков, П.П. О численном интегрировании уравнения теплопроводности в случае, когда термические коэффициенты зависят от температуры [Текст] / П.П. Юшков // *Инженерно-физический журнал*. Т. I. № 9. 1958. С. 102 - 108.
20. Уголев, Б.Н. Контроль напряжений при сушке древесины [Текст] / Б.Н. Уголев, Ю.Г. Лапшин, Е.В. Кротов. М.: Лесн. пром-сть. 1980. 206 с.
21. Пижурин, А. А. Основы моделирования и оптимизации процессов деревообработки [Текст] / А. А. Пижурин, М. С. Розенблит / М.: Лесная промышленность, 1988.
22. Пинчевская, Е.А. Прогнозирование уровня качества сушки пиломатериалов [Текст] / Е.А. Пинчевская // *Деревообрабатывающая промышленность*. 2008. № 3. С. 8 - 12.
23. Пинчевская, Е.А. Оценка качества сушки пиломатериалов с учетом изменчивости свойств материала и среды [Текст] / Е.А. Пинчевская // *Деревообрабатывающая промышленность*. 2008. № 4. С. 9 - 12.
24. Пен, Р.З. Статистические моделирования и оптимизации процессов ЦБП [Текст] / Р.З. Пен / Красноярск: Изд-во Красноярского ун-та. 1982.

Груздова Т. И., Буриндин В.Г., Выдрин Т. С.

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

УТИЛИЗАЦИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ УПАКОВКИ МЕБЕЛИ И ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

UTILIZATION OF POLIMER FILMS USED FOR PACKAGING OF FURNITURE AND TIMBER

Полиэтиленовые и полипропиленовые пленки широко применяются в мебельной и деревообрабатывающей промышленности для упаковки продукции. Как правило после транспортировки такие пленки утилизируют.

В настоящее время на свалках Российской Федерации накопилось свыше 55 миллионов ТБО, половина которых представляет собой пластиковые отходы.

Возможные варианты утилизации или снижения объема накапливаемых полимерных отходов таковы: захоронение; сжигание; рециклинг; производство биоразлагаемых полимеров. Последнее направление наиболее перспективно как *не наносящее вреда* окружающей среде и активно развивается за рубежом последние 20 лет.

В развитых странах достигнут следующий уровень утилизации пластиковых отходов: в Германии - 76%; в Швейцарии и Японии - соответственно 23% и 20%; в США - 32,4%.

В России перерабатывается около 10 % отходов производства полимеров и около 3% отходов потребления. Работы по созданию биоразлагаемых полимеров в Российской Федерации находятся на стадии лабораторных исследований, и промышленного производства отечественных *самодеструктурируемых* материалов, в том числе упаковочных пленок, нет [1].

Самодеструктурируемые полимеры сохраняют эксплуатационные свойства в течение периода потребления, а затем под действием факторов окружающей среды быстро разлагаются на безвредные компоненты и легко включаются в процессы метаболизма природных биосистем. [2-3]. Такие оксо- и биоразлагаемые полимеры можно получать путем модификации традиционных крупнотоннажных термопластов специальными добавками - фотодеграндантами. Одной из таких добавок является добавка «d2w», основу которой составляет диалкил дитиокарбамат железа и (или) никеля.

Целью данного исследования являлось изучение влияния различных количеств добавки «d2w» на свойства полиэтилена, установление природы процессов, протекающих в полимере при УФ-облучении, а также определение индукционного периода до начала разложения полиэтилена, т.е. оценка его «долговечности» после введения различных количеств модифицирующей добавки «d2w».

Материалы и методы исследования.

В качестве модифицируемого термопласта использовался полиэтилен (ПЭ) высокого давления марки 15303-003, а модифицирующей добавки – биоразлагающая добавка d2w (поставщик ООО «International Plastic Guide») в количестве 0,0; 0,5; 1,0; 1,5 и 2% от массы композиции. Образцы готовились в виде цилиндров длиной рабочего участка 25 мм. Смешение ПЭ с добавкой проводилось в приборе ИИРТ-2 путем трехкратного переплавления смеси. Для каждого режима испытаний готовилось не менее 3

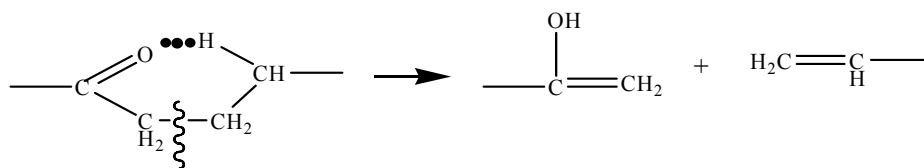
параллелей, в общей сложности было испытано 65 образцов. У образцов определялись следующие физ/мех. свойства: показатель текучести расплава (ПТР) до УФ-облучения и после 1,2,3-х недельного облучения в климатической камере Feutron 3001/3002-1 с лампой мощностью 375 Вт; относительное удлинение (ϵ) при растяжении, предел текучести расплава (σ_T) и предел прочности образцов при растяжении (σ_p) после 1,2,3-х недельного облучения. Механические свойства по ГОСТ 16337-77 определены на разрывной машине 2166 Р-5. Контроль за изменением структуры ПЭ осуществлялся по ИК-спектрам. Методом математической статистики найдены случайные ошибки измерений.

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы:

1. Снижение показателя текучести расплава ПЭ без модифицирующей добавки (рис.1) свидетельствует о возможном частичном сшивании полимера при облучении, что хорошо согласуется с литературными данными [4]. При этом механические свойства материала сохраняются в пределах значений, предусмотренных для ПЭ марки 15303-003 (рис.2).

2. Отсутствие полос поглощения, характерных для кислородсодержащих групп в исходном модифицированном полиэтилене подтверждает стабилизирующий эффект добавки в первый период после её введения. Наоборот появление такого типа полос (валентные колебания $\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—}$ (1739 см^{-1}); валентные колебания ненасыщенных α,β -кетонов (—CH=CH-C—) (1643 см^{-1}); деформационные колебания винилиденовых групп ($\text{R}_1\text{R}_2\text{C=CH}_2$) - 875 см^{-1} ; валентные колебания связи =C-O-C (1262 см^{-1}) и валентные колебания (—COH) (1095 см^{-1})) после недельного облучения модифицированного ПЭ указывает на то, стабилизирующее действие добавки «d2w» снижается, а процесс окисления начинает развиваться. Появление ненасыщенных, кетонных, спиртовых групп скорее всего связано с деструкцией цепей ПЭ и с внутримолекулярными перегруппировками типа 2 по Норришу:



Это должно приводить к снижению молекулярной массы, повышению текучести расплава и падению механической прочности полимера, что хорошо подтверждается экспериментальными данными (рис. 1 и 2).

Выводы

Таким образом, первичные результаты исследований показывают, что до начала интенсивного УФ-облучения и в первую неделю облучения образцы ПЭ с добавкой «d2w» сохраняют свои эксплуатационные свойства в пределах нормированных значений. В структуре полиэтилена не наблюдается каких-либо существенных изменений. В этот период добавка d2w играет роль антиоксиданта. При облучении ПЭ, модифицированного фотодегрантом «d2w» в течение 1-2 недель начинается интенсивное окисление, сопровождаемое падением физико-механических свойств.

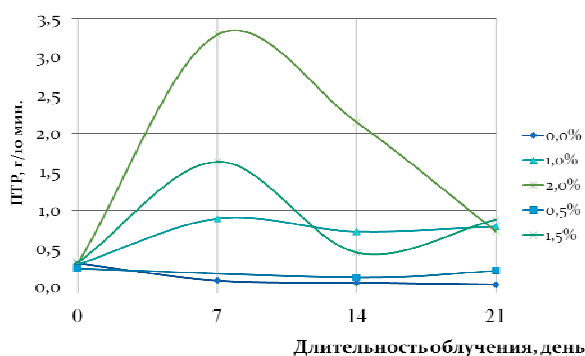


Рис. 1. Изменение показателя текучести расплава полиэтилена с различным содержанием модифицирующей добавки при облучении

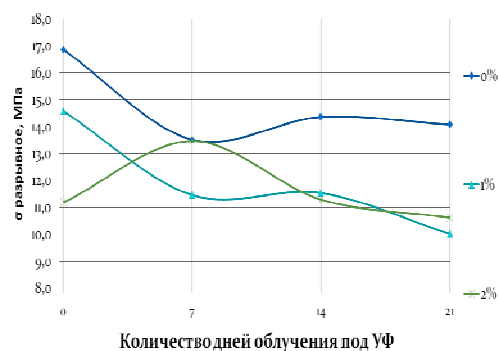


Рис. 2. Изменение предела прочности при растяжении полиэтилена с различным содержанием модифицирующей добавки в ходе облучения

Библиографический список

1. Проблемы утилизации и переработки полимеров.- [Электронный ресурс].- http://articles.paktermash.ru/show_art.php?art=215
2. Пластиковая упаковка не должна жить вечно. -[Электронный ресурс] - (<http://article.unipack.ru/23419>)
3. Ухарцева И.Ю. Саморазлагающиеся полимерные упаковочные материалы/И.Ю.Ухарцева// Технологии переработки и упаковки.-2007.-№2.-С.30-33.
4. Грасси Н. Деструкция и стабилизация полимеров: Пер. с англ. / Н. Грасси, Дж. Скотт. – М.: Мир, 1988.- 446 с.

Данков А.С., Филонов А.А.

(ВГЛТА, г. Воронеж, РФ) dankov-as@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ДУБА К ГНУТЬЮ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНО- ВЛАЖНОСТНЫХ УСЛОВИЙ OAK BENDING ABILITY IN DEPEND ON DIFFERENT TEMPERATURE-HUMIDITY CONDITIONS

В традиционной технологии гнутье массивной древесины осуществляется при влажности 25-30% и температуре заготовки 100°C. При таком сочетании режимных параметров древесина обладает наилучшей способностью к гнутью.

Однако во многих ситуациях нет необходимости в гнутье древесины с такой высокой влажностью, так как она обуславливает длительный технологический процесс гнутья из-за стабилизационной сушки.

Известно, что стабилизация формы заготовок достигается при влажности ниже 15% [1]. Однако нет сведений о минимальной влажности при гнутье, достаточной для полной фиксации формы.

В литературных источниках также отсутствует информация о способности к гнущю древесины при различных температурно-влажностных условиях. Между тем, такие сведения были бы крайне полезны в целях оптимизации параметров гнущю для деталей различного назначения. Например, при гнущю задней ножки стула используется отношение $h/R=1/23$. При гнущю же дубовых заготовок по традиционной технологии это отношение составляет $1/4$. Очевидно, что резерв для снижения влажности в целях оптимизации процесса здесь велик.

В связи с выше изложенным, возможность снижения влажности при гнущю изучалась в двух направлениях:

- 1) определялась минимальная влажность, при которой еще возможна стабилизация приданной заготовкам формы;
- 2) исследовалась способность древесины к гнущю в зависимости от различных температурно-влажностных условий.

Ранее была исследована способность древесины дуба фиксировать приданную форму в зависимости от различных температурно-влажностных условий при гнущю. Данная зависимость представлена на рисунке 1.

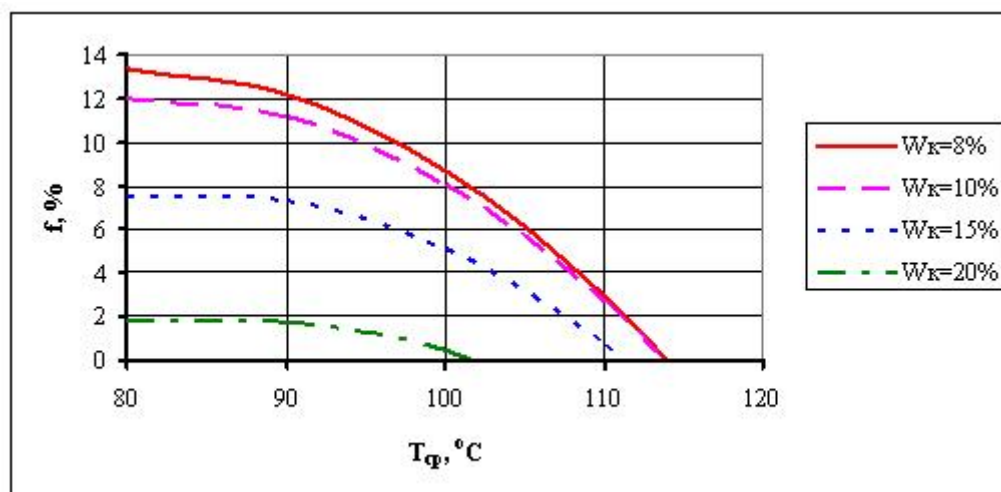


Рисунок 1 – Графики зависимости относительной величины изменения стрелы прогиба (стабильности приданной формы) от температуры $T_{гр}$ при различных уровнях влажности W_k

Из графика следует, что с увеличением температуры нагрева приданная образцам форма стабилизируется при меньшей влажности. Так при гнущю древесины с влажностью 10 % полное закрепление формы произойдет при нагреве до 114 °C. Полная стабилизация формы достигается также при $W_k=8\%$ и $T_{гр}=114$ °C и вызвана наложением термозамороженной деформации, так как стабилизационная сушка здесь отсутствовала.

С целью исследования зависимости $h/R=f(W_k, T_{гр})$ для древесины дуба были предприняты активные эксперименты.

Испытания проводились на дубовых образцах с размерами 20×20×350 мм, изготовленных в соответствии с требованиями ГОСТ 16483.21. Для приведения влажности древесины к необходимой по плану использовалась климатическая камера.

Экспериментальная установка для исследования способности к гнущю представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Установка для гнутья на разный радиус кривизны

Методика заключалась в следующем. Образцы, имеющие влажность в соответствии с уровнями в таблице 1, нагревались в СВЧ-печи по разработанным режимам [2] до заданных температур. Затем осуществлялось гнутье на гнутарной установке в стальной шине. Изгиб производился в радиальной плоскости. За величину минимального радиуса гнутья принималось значение радиуса, на котором все образцы серии могли быть изогнуты без возникновения дефектов гнутья (складок, разрывов). В каждой серии испытывалось по 10 основных образцов.

Таблица – Значения и уровни факторов равномер-ротатабельного плана

Наименование фактора	Уровни варьирования				
	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
Влажность (W_k), %	8	10	14	18	20
Температура (T_{cp}), °C	80	86	100	114	120

С целью представления полученных данных в более наглядном виде вместо отношения h/R находилось обратное отношение R/h .

Для получения уравнения регрессии сразу в натуральных показателях использовалась программа Statistica 6.0.

Уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$\frac{R}{h} = 73,69817 - 2,3514W_k - 0,80815T_{cp} - 0,00291W_k^2 + 0,00346T_{cp}^2 + 0,01786W_k T_{cp}$$

Графическая интерпретация полученного уравнения представлена на рисунке 3.

Из рисунка видно, что для всех уровней влажности с ростом температуры способность к гнутью ухудшается, причем при более высокой влажности это снижение происходит более интенсивно. Это связано с тем, что сочетание высокой температуры и влажности достигается в результате длительного нагрева образцов с высокой начальной влажностью. При этом наблюдается снижение прочности и, как следствие, потеря устойчивости анатомическими элементами древесины при гнутье.

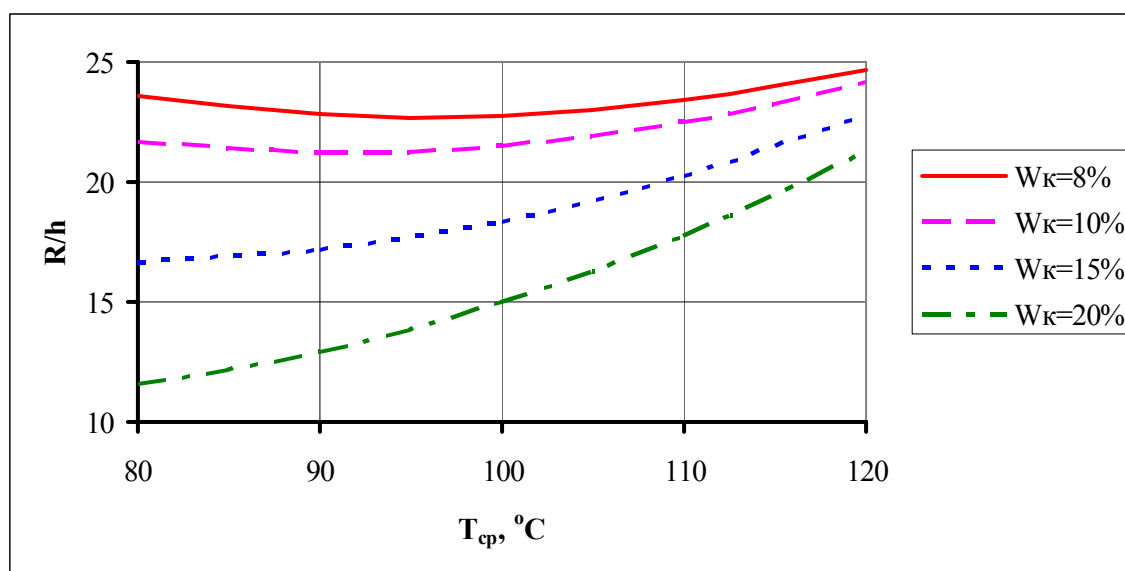


Рисунок 3 – Графики зависимости способности древесины дуба к гнущю от температуры его нагрева $T_{ср}$ при различных величинах влажности образцов W_k

Одним из качественных показателей гнутых деталей является величина стрелы прогиба [1]. Отклонение от заданной стрелы прогиба не должно превышать ± 3 мм. Данному значению на рисунке 1 соответствует величина относительного изменения стрелы прогиба $f=6\%$.

Используя рисунки 1 и 3, можно рекомендовать следующие температурно-влажностные условия при гнущю различных заготовок:

- для задней ножки стула ($h/R=1/23$) – $W_k=10\%$, $T_{ср}=105-113^\circ\text{C}$;
- для спинки стула ($h/R=1/35$) – $W_k=8\%$, $T_{ср}=105-113^\circ\text{C}$.

Промышленное применение указанных режимов с СВЧ-нагревом позволит резко сократить продолжительность технологического процесса гнущю в целом, снизит количество шин и шаблонов, задействованных при гнущю.

Библиографический список

1. Справочник мебельщика [Текст] / под ред. В. П. Бухтиярова. – М.: МГУЛ, 2005. – 600 с.
2. Филонов, А. А. Использование СВЧ-печи для нагрева дубовых образцов до высоких температур [Текст] / А. А. Филонов, А. Н. Чернышев, А. С. Данков // Деревообр. пром-сть. – 2008. - №1. – С. 19-21.

Завьялов А.Ю., Совина С.В.

(УГЛТУ, Екатеринбург, РФ) sovinasv@el.ru

КЛЕЕВЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЛЕЕНОГО СТЕНОВОГО БРУСА *ADHESIVE SYSTEMS FOR MANUFACTURING GLULAM*

Клеевой материал для производства стенового бруса должен быть водостойким, технологичным в применении, обеспечивать требуемую производительность прессы. К сожалению, отечественных клеев для клееных деревянных конструкций в настоящее

время практически нет, и производители вынуждены использовать клеи зарубежных компаний.

Для проведения классического эксперимента были выбраны следующие клеевые системы: меламиномочевинформальдегидная (ММФ) система Akzo Nobel Каскомин 1255 с отвердителем 7555 и ЭПИ система Akzo Nobel Касколит 1989 с отвердителем 1993 концерна «Akzo Nobel». Благодаря своим техническим характеристикам они выгодно отличаются от конкурентных клеевых материалов.

Проверка качества клеевых соединений проводилась путем испытания образцов на расслаивание после обработки их водой и последующего высушивания образца при высокой температуре согласно японским стандартам JAS 235 и JAS 234.

В качестве испытания выбран японский стандарт JAS 235. Обусловлено это тем, что данный стандарт не требует наличие специального оборудования и может быть использован на любом производстве. Требуется наличие только сушильного шкафа с принудительной вентиляцией воздуха. Данный стандарт применяется для испытания несущих конструкций. Это позволит проверить заявленную производителями возможность использовать данные клеевые системы для изготовления несущих деревянных клееных конструкций [1].

Методика проведения исследований представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Испытания на расслаивание согласно японским стандартам JAS 235 и JAS 234

Вид испытаний	JAS 235 (для несущих конструкций)	JAS 234 (для ненесущих конструкций)
Метод 1 (испытание на расслоение при замачивании в холодной воде)		
Замачивание в холодной воде (10 - 25 °С), ч.	24	6
Выдержка в сушильном шкафу, ч.	24 (70 ± 3 °С)	18 (40 ± 3 °С)
% расслоений на обеих торцевых поверхностях	≤ 5	≤ 10
Общая длина расслоений не должна превышать	≤ 1/4 ширины поперечного сечения	≤ 1/3 ширины поперечного сечения
В общую длину расслоения не включаются	естественные трещины древесины, сучки и другие дефекты	естественные трещины древесины, сучки и другие дефекты
Метод 2 (испытание на расслоение при замачивании в кипящей воде)		
Кипячение в воде (100 °С), ч.	4	4
Охлаждение в воде (10 – 25 °С), ч.	1	1
Выдержка в сушильном шкафу (70 ± 3 °С), ч	24	18
% расслоений на обеих торцевых поверхностях	≤ 5	≤ 5
Общая длина расслоений не должна превышать	≤ 1/4 ширины поперечного сечения	≤ 1/3 ширины поперечного сечения
В общую длину расслоения не включаются	естественные трещины древесины, сучки и другие дефекты	естественные трещины древесины, сучки и другие дефекты

Согласно стандарту JAS 235 из клееного бруса, склеенного по параметрам представленным в таблице 2, выпиливаются 6 образцов длиной 75 мм.

Относительное расслаивание определяется по формуле 1:

$$\text{Относительное расслоение} = \frac{\text{Сумма длин расслоений на обоих торцах}}{\text{Сумма длин клеевых линий на обоих торцах}} \cdot 100 (\%), \quad (1)$$

По результатам проведенных исследований на предприятии ООО «Егоршинский лес» можно сделать следующие выводы:

Все образцы клееных элементов (стеновой брус) соответствуют требованиям JAS 235 по показателю величины расслоения при испытании на вымачивание в холодной и кипящей воде.

Образцы № 1 - 6 (клеевая система Akzo Nobel Каскомин 1255 с отвердителем 7555) показали меньшую величину относительного расслаивания по сравнению с образцами № 7 - 12 (клеевая система Akzo Nobel Касколит 1989 с отвердителем 1993).

При замачивании в холодной воде образцы с № 1 - 6 (клеевая система Akzo Nobel Каскомин 1255 с отвердителем 7555) показали средний результат 1,85 %, а при замачивании в кипящей воде 1,58 %.

При замачивании в холодной воде образцы с № 7 - 12 (клеевая система Akzo Nobel Касколит 1989 с отвердителем 1993) показали среднее значение расслаивания 2,59 %, а при замачивании в кипящей воде – 2,83 %.

Основные преимущества клеевой системы Akzo Nobel Каскомин 1255 с отвердителем 7555:

1. минимальное время прессования по сравнению с другими ММФ системами;
2. время технологической выдержки 3 часа;
3. благодаря отдельному нанесению клея и отвердителя возможна дополнительная экономия и снижение затрат, так как не требуется остановка на промывку системы;
4. высокие показатели стойкости к длительным нагрузкам и, как следствие, возможность производить стеновой брус с качеством несущих деревянных клееных конструкций.

В связи с имеющимися преимуществами данная клеевая система рекомендована предприятию ООО «Егоршинский лес» для производства клееного стенового бруса.

Библиографический список

1. Сирота, И. Метод испытаний на расслаивание – ускоренный метод испытаний на старение [Текст] / Сирота, И. [и др.] // Дерево.RU, 2005, №5, С 120-124.

Королькова И.В.

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) korolkova96@gmail.com

ЭНЕРГЕТИКА В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ **ENERGETICS IN WOOD-BASED INDUSTRIES**

В лесной и деревообрабатывающей промышленности основным видом вторичных энергетических ресурсов являются неиспользованные или непригодные для технологической переработки древесные отходы. Это обусловлено наличием в отрасли зна-

чительных объемов древесных отходов, технически или экономически недоступных для целей технологии, требующих значительных трудовых и денежных затрат для ликвидации во избежание загрязнения ими окружающей среды. В Свердловской области 1,2 млн. м³ отходов, что в переводе на условное топливо 0,36 млн. м³.

Энергетическое использование древесных отходов может быть экономически эффективным только при определенных условиях. В настоящее время оно не может быть экономически эффективным по сравнению с использованием ископаемого топлива, особенно в случае применения ручного труда для подготовки древесных отходов к сжиганию или для подачи их в топочные устройства.

Для обеспечения достаточно высоких экономических показателей энергетического использования древесных отходов необходима полная механизация процессов топливоподготовки и топливоподачи, автоматизация производства тепловой энергии.

Биотопливо – это возобновляемый вид топлива к нему относятся щепа, дрова, пеллеты, брикеты. Отличительной особенностью данного вида топлива является то, что они отвечают важнейшим требованиям потребителей к топливу, таким как: чистота и однородность, высокая энергетическая отдача и экологичность.

Различают следующие виды древесного топлива. Пеллеты - это древесные гранулы размеры, которых составляют 6-10 мм в диаметре и 0,5-70 мм длиной, с теплотой сгорания 4500 Ккал/кг. Сырье измельчают до размеров не более 25x25x2 мм, далее идет сушка сырья до влажности 8-12 %. Следующий этап - мелкое дробление до размеров сырья не более 5 мм, после чего идет прессование под большим давлением. Завершающей стадией производства является охлаждение и упаковка. Для производителя пеллет привлекательными сторонами являются разнообразие источников сырья для их выпуска и возможность получать при их производстве существенную добавленную стоимость. К недостаткам можно отнести относительно высокую энергоемкость и трудоемкость при определенных вариантах организации производства пеллет [2].

Древесная щепа – это измельченная древесина установленных размеров, соответствующая ГОСТ 15815-83, получаемая в результате измельчения древесного сырья рубительными машинами.

Брикеты представляет собой цилиндр из спрессованных под давлением опилок диаметром 70 мм, длиной 120 мм, с теплотой сгорания около 4500 Ккал/кг.

Дрова – это куски дерева по длине- 0,25; 0,33; 0,50; 0,75; 1,00 м, по толщине – от 3 см и более. Этот вид топлива разделяется по древесным породам в зависимости от теплотворной способности на три группы:

- 1-береза, бук, ясень, граб, ильм, вязь, клен, дуб, лиственница;
- 2-сосна, ольха;
- 3-ель, кедр, пихта, осина, липа, тополь, ива.

Примером оборудованим для производства является дровоколы Palax произведенные в Финляндии, а так же процессор для изготовления дров РЦА 400 JOY отечественного производства.

Тип биотоплива влияет и на конструктивные особенности установок для его утилизации. По технологиям сжигания топлива можно выделить следующее оборудование:

- топки с механическими решетками;
- топки с неподвижными решетками;

- вихревые топки;
- топки с кипящим слоем;
- оборудование для сжигания обгазованного топлива;
- газогенераторы.

Установки с механическими подвижными колосниковыми решетками наиболее дорогостоящие. Область применения этой технологии - высоковлажные отходы со значительной долей крупных фракций (кусковые отходы), которые не могут быть термически переработаны в других типах топочных устройств. Примером отечественного оборудования указанного типа могут служить водогрейные котлы серии КВТ мощностью от 100 до 3000 кВт, предлагаемые компанией «Ковровские котлы» (Владимирская обл.) на базе водогрейных котлов «Гейзер-termowood». Среди отечественных моделей следует выделить котлы КВД тверских фирм «Экодрев» и «Спецмонтаж», котельное оборудование петербургской компании «Балткотломаш», белорусской «Комконт» (мощность - 6 МВт) [1].

Топки с неподвижными решетками - наиболее распространенный способ переработки древесных отходов в установках малой мощности (от 200 кВт и более). Колосниковое полотно в таких топочных устройствах, как правило, разделено на две секции: наклонную для сушки древесных отходов и горизонтальную, на которой осуществляется собственно сжигание. При относительно невысокой стоимости данные установки позволяют сжигать как мелкофракционные, так и кусковые отход, однако КПД таких установок гораздо ниже, чем у механических. Этот вид топок выпускают ряд отечественных производителей: «Балткотломаш», «Спецмонтаж», ПО «Теплоресурс» и другие [3]. Немецкая компания Nestro Lufttechnik GmbH предлагает на российском рынке топки мощностью 150-1000 кВт с неподвижными колосниковыми решетками. Котлы марки MAWERA FU RIA со сдвоенными колосниками мощностью от 700 до 13 000 кВт продвигает на российском рынке немецкая компания «Виссманн».

Низкотемпературные вихревые топки применяются для сжигания древесных отходов с влажностью 60% и более. Внедрением этой технологии успешно занимается ОАО «НПО ЦКТИ» (Санкт-Петербург), котлы которого сжигают технологическую щепу, в том числе мокрую и смерзшуюся, а также древесную кору. В 2002-2003 годах в г. Советский (Тюменская область) осуществлено строительство под ключ котельной 4 МВт, работающей на древесных отходах [3].

Топки с кипящим слоем рекомендуются для крупных котлов, в особенности если биотопливо характеризуется высокой влажностью. Сгорание опилок, стружки и щепы осуществляется в слое инертного материала (песка), ожижаемого подаваемым под слой воздухом. Интенсивное перемешивание твердых частиц под воздействием ожижающего воздуха, проходящего через слой зернистого материала, обеспечивает повышенный тепло- и массообмен в слое. Достоинства слоевой топки с кипящим слоем - высокая интенсивность горения топлива и возможность очистки топочных газов от окислов серы и азота путем введения в кипящий слой необходимых адсорбирующих веществ. Эти топки занимают промежуточное положение между топками слоевого сжигания и факельными [3]. В Финляндии основные энергоустановки последнего поколения работают по этому принципу.

В качестве обгазованного твердого биотоплива выступают пеллеты, брикеты и другие биотопливные концентраты. Следует отметить, что температура горения гра-

нул или брикетов (сухого прессованного биотоплива) более высока, чем измельченного топлива. Применение гранул и брикетов очень важно для автоматической системы теплоснабжения.

Газогенератор – это устройство для преобразования твёрдого топлива в газообразную форму. Наиболее распространены газогенераторы, работающие на дровах, и топливной щепе. Это оборудование обеспечивает более полное сгорание древесных отходов и позволит сократить выбросы в атмосферу, при этом КПД достигает 93 %, что в 3 раза превышает эффект от прямого сжигания, при этом мощность газогенераторов до 3МВт. Различают четыре основных вида газогенераторов: прямого, обратного, горизонтального и вихревого процессов. Также известны и газогенераторы двухзонного процесса, которые представляют собой комбинацию прямого и обратного процессов. Наиболее эффективными, с точки зрения получения электроэнергии, является генератор обращённого типа. Объём получаемого в нем газа несколько меньше аналогов, однако и содержание смол в газе ниже в разы [1].

Использование древесных ресурсов для получения тепловой энергии оправдано наличием необходимого сырья в нашей области для производства различных видов биотоплива и разнообразием на российском рынке котельного оборудования. Применение газогенераторных установок целесообразно на предприятиях имеющих большое количество отходов для теплоснабжения прилегающих зданий, сооружений и частного сектора. Очевидно, что в ближайшие годы развитие биоэнергетики на твердых видах топлива будет развиваться путем совершенствования газогенераторных установок, опыт эксплуатации которых в Свердловской области уже имеется.

Библиографический список

1. Бойлс Э. Биоэнергия: технология, термодинамика, издержки [Текст] / Пер. с англ. М.Ф. Пушкарева; под ред. Е.А. Бирюковой.- М.: Агропромиздат, 1987. - 152 с.
2. Топливные гранулы (пеллеты) [Электронный ресурс]: Биотопливный портал. URL: <http://www.wood-pellets.com/cgi-bin/cms/index.cgi?ext=content&pid=2&lang=1> (дата обращения 07.04.2010).
3. Воропаев А.В. Котельное оборудование на биотопливе // Журнал ЛесПромИнформ №1 (50). 2008. URL: <http://www.lesprominform.ru/jarchive/articles/itemshow/148> (дата обращения 26.02.2010).

Кручинин И.Н. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) kinaa@e1.ru

РОЛЬ ТРАНСПОРТНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА В СИСТЕМЕ УСТОЙЧИВОГО ЛЕСОУПРАВЛЕНИЯ

ROLE OF LOGISTICS IN SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT

Оценка эффективности функционирования транспортно-производственной системы лесного комплекса (ТПСЛК) традиционно рассматривалась как основополагающий элемент системы по обслуживанию производства. В зависимости от поставленных производственных задач формировался комплекс технических средств, единая согласованная технология и мероприятия по снижению транспортных издержек. Возникла сис-

тема лесотранспорта, когда под лесотранспортными операциями, стали понимать не только переместительные, но и создание и расположение путей сообщения. Однако для лесного комплекса РФ необходимо учитывать еще особую роль объекта труда – лесную экосистему.

При функционировании систем лесозаготовительного производства по схеме устойчивого лесопользования на основе критериев FSC (соблюдение принципов, установленных Советом по управлению лесами) и стандарта ISO 14001, сохранение и повышение ресурсно-экологического потенциала лесов возможно только при условии экологической, экономической и социальной устойчивости деятельности всех отраслей лесного комплекса.

При таком подходе территориально-распределенная ТПСЛК становится объединяющим элементом системы устойчивого лесопользования, изображенной на рисунке 1.

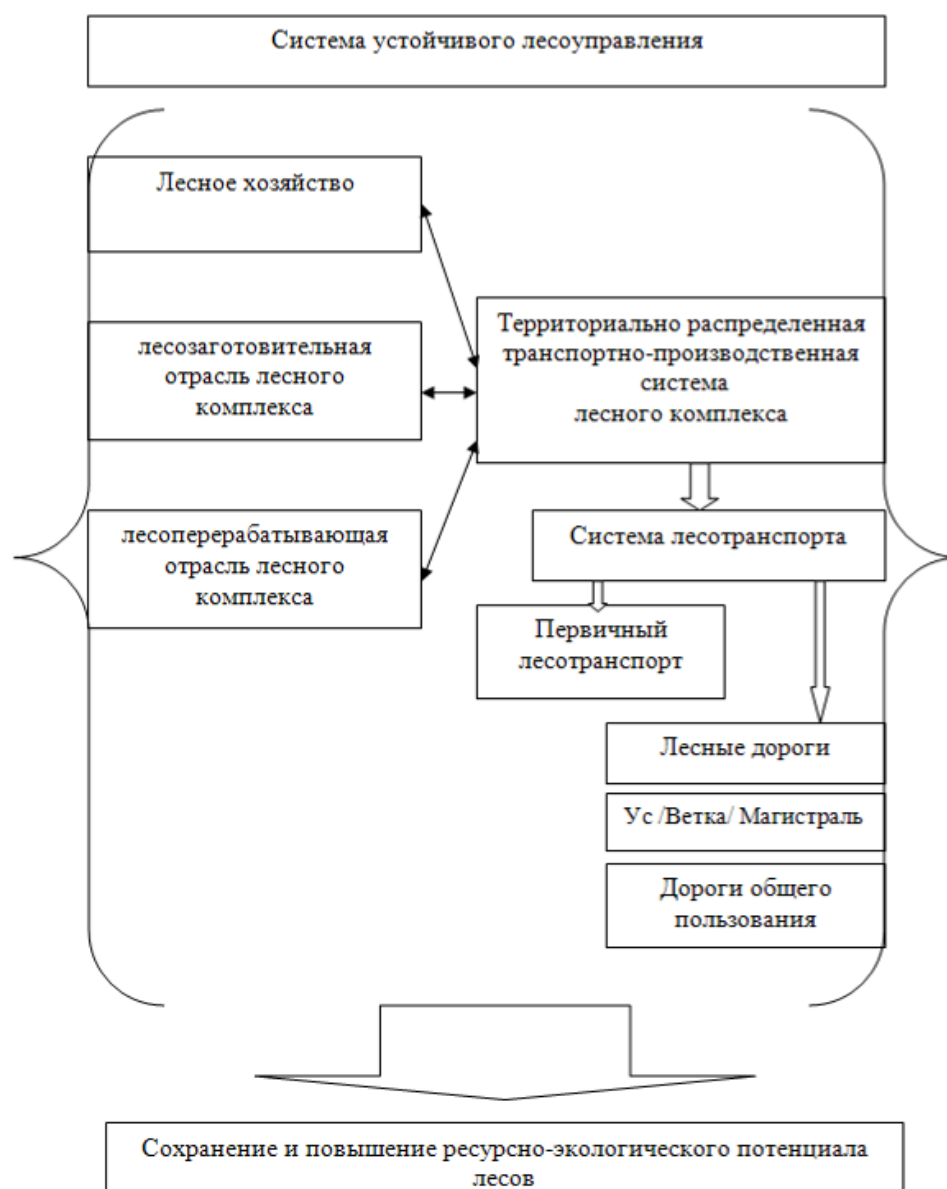


Рисунок 1 – Объединяющая роль транспортно-производственной системы лесного комплекса при неистощительном природопользовании

В этом случае возникает качественно новая форма организации лесотранспортного процесса, когда во всех ее элементах, на основе эффективного использования лесотранспортных машин, погрузочно-разгрузочного оборудования обеспечивается максимально возможная сохраняемая бесперегрузочная доставка лесных грузов от лесосеки до грузополучателя при снижении удельных транспортных затрат. При этом ущербы лесной экосистеме должны быть наименьшими.

Рассматривая транспортно производственную систему лесного комплекса как объединяющий элемент системы устойчивого лесоуправления ее анализ необходимо проводить с применением подходов и критериев, характерных для сложной системы природопользования.

При неистощительном природопользовании многочисленные критерии оценки состояния лесной экосистемы [1, 2] предлагают объединять в три группы: экономические, экологические и социальные. При этом степень отклонения параметров функционирования экосистемы будет определять величину ущерба, определяемого как количество неполученных социальных, экологических и экономических эффектов.

Учитывая объединяющую роль транспортно производственной системы лесного комплекса оценку ее функционирования целесообразно рассматривать так же через социальные, экологические и экономические критерии эффективности.

Экологическая допустимость технологических процессов первичного лесотранспорта определяется пороговыми значениями степени минерализации поверхности почвы на лесосеке, изменением структуры почвы (срыв почвенного покрова, уплотнение почвы, образование колеи), невидимым повреждением (сдавливание, обрыв питающих корней), изменение микрорельефа лесосеки и растительных свойства почв, механическим повреждением деревьев, степенью сохранности подроста хозяйственно ценных пород.

В зимний период происходит значительное нарушение ландшафто-образующей функции снежного покрова от действия лесотранспортных машин.

Кроме того, могут использоваться критерии, характеризующие саму систему лесотранспортных машин, например: минимум энергетических затрат на перемещение единицы продукции. Именно степень экологического совершенства лесотранспортных машин целесообразно рассматривать в качестве главного критерия эффективности их использования.

Лесотранспортная сеть оказывает существенное влияние на окружающую среду. Оценку ее функционирования по критериям экологической безопасности проводят согласно нормативным документам по комплексным критериям. Чаще всего этими показателями служат: изменение степени концентрации стока поверхностных и грунтовых вод; загрязнение водных объектов и почвы нефтепродуктами и противогололедными материалами, мг/л; загрязнение биоты, %; состояние плодородного слоя почвы, %; шумовое воздействие, дБА; пересечение путей миграции, разрушение мест обитания животных; изменение численности видов, популяций, % от исходного.

В качестве критерия социальной допустимости принимаются ограничения на уровень занятости населения региона в производственной сфере, затраты живого труда на единицу продукции, относимых на систему транспорта леса; транспортная доступность населением лесных ресурсов и мест поселений.

Учитывая, что транспортно производственная система включает в себя автомобильные дороги общего пользования их социальная значимость для лесозаготовительного региона может иметь решающее значение.

Автомобильные дороги имеют потребительские качества, рассматриваемые как совокупность транспортно-эксплуатационных показателей, которые должны непосредственно отвечать интересам пользователей. Основным, из которых является безопасность движения.

Таким образом, учитывая многообразие природно-климатических условий в которых перемещаются лесные грузы, а так же объединяющую роль лесотранспорта в системе устойчивого лесопользования, было сформировано многофакторное пространство функционирования транспортно производственной системы лесотранспорта.

Как показано в работе [4] в общем виде задачу обеспечения функционирования транспортно-производственной системы лесопромышленного комплекса в системе устойчивого лесопользования можно сформулировать следующим образом:

поиск для существующих параметров состояния [X] оптимальных значений параметров управления [Y] с тем, чтобы обеспечить неистощительное природопользование.

Качество функционирования транспортно-производственной системы лесопромышленного комплекса будем оценивать показателями эффективности, которые были сформулированы выше, а именно через социальные, экологические и экономические критерии.

Как показано в работе [3] отличительной чертой поставленной задачи является низкий уровень точности исходных данных, а также качественный характер описания зависимостей ее функционирования, что делает проблематичным получение строгих количественных решений.

Для территориально распределенной транспортно-производственной системы лесного комплекса критерий эффективности рациональным управлением транспортно производственной системой лесного комплекса в векторной форме может быть представлен в следующем виде:

$$R = f(\max D; \max S; \min Z) \rightarrow \text{ext}, \quad (1)$$

где $\max D$ – максимум эффективности использования ресурсного потенциала леса при соблюдении заданных условий (группа экономических критериев);

$\max S$ – максимальное сохранение природного потенциала леса по схеме устойчивого лесопользования (группа экологических критериев);

$\min Z$ – минимум суммарных затрат живого и овеществленного труда в сфере транспорта леса (группа социальных факторов).

Критерий $\max D$ отражает увеличение расчетной лесосеки, повышение эффективности использования лесовозной транспортной сети (использование транспортных средств с повышенной осевой нагрузкой, увеличение скорости движения, повышение безопасности движения, разработка мероприятий по управлению эксплуатацией лесотранспортной сети и т.д.), оптимизация сортиментного плана лесозаготовок, применение ЛТМ щадящих природную среду, сокращения энергозатрат на переместительные операции.

Критерий $\max S$ отражает максимальное сохранение средозащитных функций леса (изменение в лесных почво-грунтах, нарушение почвообразующей, средофор-

мирующей, биотопреобразующей, гидрологических свойств лесной экосистемы; нарушения ландшафтообразующей функции) в процессе заготовки и вывозки древесины.

Критерий $\min Z$ отражает эффективность использования трудовых ресурсов и технические решения по транспортировке лесных грузов (минимум затрат на создание и эксплуатацию лесотранспортной сети, поддержка социальной функции лесных дорог).

Оптимизация по критерию R выполняется на основе прогнозных расчетов развития лесного комплекса и с учетом требований системы устойчивого лесопользования.

Библиографический список

1. Устойчивое управление лесным хозяйством: научные основы и концепции [Текст] : учебное пособие / А.С. Алексеев [и др.] / под общей ред. А.В. Селиховкина. – СПб ГЛТА, 1998. – 222 с.
2. Лебедев, Ю.В. Эколого-экономическая оценка лесов Урала. [Текст]/ Ю.В. Лебедев.- Екатеринбург, УрО РАН, 1998. – 214 с.
3. Мелентьев, Л.А. Оптимизация развития и управления больших систем энергетики [Текст]/ Л.А. Мелентьев. – М.: Высш.шк., 1976.-320с.
4. Кручинин, И.Н. Влияние системы транспорта леса на окружающую среду [Текст] / И.Н. Кручинин // Состояние и перспективы транспорта. Обеспечение безопасности дорожного движения: Материалы международной научно-технической конференции к 30-летию автодорожного факультета Пермского государственного технического университета (г. Пермь, 16 – 17 апреля 2009 г.)/ ПГТУ. – Пермь, 2009. – С. 161-166.

Кузнецов А.И., Шимон Е.В.

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) akwer@yandex.ru

К ВОПРОСУ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКО-ХУДОЖЕСТВЕННОМ ПОТЕНЦИАЛЕ ЛАЗЕРНОГО РЕЗАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ *DECORATIVE POTENTIAL OF WOOD CUTTING WITH LASER*

За последние 10 лет на рынке оборудования появилось большое количество лазерных станков, которые позволяют обрабатывать разнообразные материалы, в том числе древесину. Основные достоинства лазерного резания древесины включают в себя: малую величину прорези, что позволяет в некоторых случаях оптимизировать раскрой, уменьшить отходы древесины; экологическую чистоту процесса: отсутствие отходов (стружки и пыли), отсутствие вибрации и шума; отсутствие силы резания, вследствие чего отпадает необходимость в системе закрепления обрабатываемой заготовки. Также необходимо отметить возможность производства деталей и рисунков сложной формы, что позволяет значительно повысить художественно-эстетические качества изделия. Лазерную технологию применяют при изготовлении мебели, художественного паркета, музыкальных инструментов, сувенирной продукции, эксклюзивных изделий из древесины [1,2].

Ресурс наиболее изнашиваемого элемента станка – лазерной трубки составляет в среднем 1500 часов непрерывной работы. За это время при рыночной стоимости одной минуты реза 20 руб. можно оказать услуги по лазерному раскрою материалов на сумму до 1,8 млн. руб. При стоимости станка 350 тыс. руб. и стоимости лазерной трубки 20 тыс. руб. срок окупаемости составит ориентировочно 3,5 месяца (без учета других затрат, при коэффициенте загрузки 0,5).

Существует сложность определения реальной производительности при лазерном резании древесины, в частности шпона, для этого была выполнена работа, опубликованная в данном сборнике под названием «К вопросу о режиме резания ценных пород древесины», по результатам этой работы выяснилось, что устойчивое резание шпона толщиной 0,6 мм (породы: падук андаманский, бук, fineline, береза, красное дерево, сосна, ясень, осина) происходит при обработке лазерным излучением (ЛИ), мощностью 65 Вт, при работе с двухдюймовой линзой, на станке VL-4060 со скоростью резания в диапазоне 25-100 мм/с.

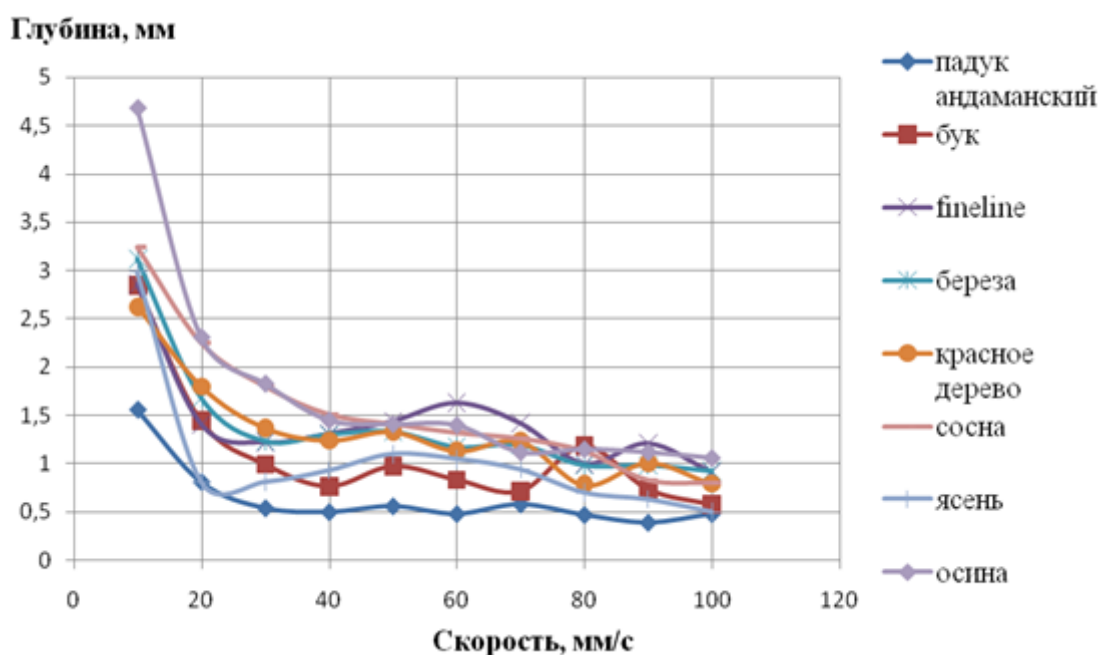


Рисунок - Зависимость глубины реза шпона от скорости резания при мощности лазерного излучения 65 Вт

Интересно применение данной технологии, например в изготовлении картин. В среднем изготовление картины формата 600×400 мм, площадью 0,24 м², при средней детализации, длине лазерного реза 20 погонных метров и скорости резания 30 мм/с займет ориентировочно, с учетом снижения скорости на криволинейных участках, 20 минут, стоимость обработки составит 400 руб. Следует отметить, что указанные цифры носят весьма приближенный характер. Длина реза была рассчитана САД программой векторизованного изображения указанного формата. Таким образом, речь идет о частном случае, который авторы статьи субъективно считают типичным.

Объем потребления эксклюзивных картин из древесины не большой, тем не менее спрос у населения на них присутствует, например, сервис wordstat.yandex.ru по поисковому запросу: «картина» информирует о 1066885 поисковых запросов за апрель месяц по данным на 20.05.2010 на территории РФ, в том числе в регионе Екатеринбург 31122 [3]. Тем не менее, в условиях экономического кризиса подобная продукция ма-

лодоступна всем интересующимся слоям населения. Снижение цены на такую продукцию является актуальной задачей. Для снижения себестоимости такого изделия необходимо снизить нагрузку на труд дизайнера. Что может обеспечиваться посредством программного обеспечения. Известные на текущий момент ПО, главной функцией которых является векторизация растрового изображения (конвертеров), не обеспечивают высокого качества.

Перспективным направлением развития работы авторы считают написание макрокоманд для векторного конвертера с целью повышения качества получаемого векторного изображения.

Таким образом, наиболее часто используемые породы древесины для декорирования шпоном толщиной 0,5-0,7 мм устойчиво режутся лазерным излучением 65 Вт на станке VL-4060 на скорости от 30 мм/с. Время технологической операции резания шпона для создания картины при средней детализации, площадью 0,24 м², составляет 20 минут. Данная технология широко может применяться при производстве паркета, стеновых панелей, декорирования фасадов мебели и других изделий. Особый интерес представляет применение лазерной технологии в изготовлении картин в технике маркетри [4, 5].

Библиографический список

1. Черных М.М., Яппарова Э.Ф. Эстетические свойства изображений на древесине при лазерной обработке. // Дизайн. Материалы. Технология. – Спб.: 2010, №1(12).
2. Найденов А. Лазер и дерево: back to nature. // Рекламные технологии. – 2007, №7.
3. Яндекс. Статистика ключевых слов. [Электронный ресурс].- Загл. с экрана. Доступ свободный. URL= “<http://wordstat.yandex.ru>”.
4. Интарсия – деревянная мозаика. Анатолий Обелец. [Электронный ресурс].- Загл. с экрана. Доступ свободный
URL= http://www.rezbaderevo.ru/topic.php?topic_id=538”.
5. Маркетри, фотомаркетри, мозаичные картины из дерева.// Заглавие с экрана. Режим доступа свободный. URL: <http://www.artderevo.ru/?menu=marketry> (Дата обращения 19.05.2010).

Газеев М.В., Марков М.А. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

МАСЛЯНЫЕ ПРОПИТКИ И ВОСКОВЫЕ МАСТИКИ В ДЕКОРИРОВАНИИ ЛЕСТНИЦ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ FINISHING WOODEN STAIRS WITH OIL PENETRATINGS AND WAXES

С увеличением строительства загородного жилья резко вырос спрос на межэтажные деревянные лестницы из древесины различных пород. При выборе защитно-декоративного покрытия (ЗДП), наибольшее предпочтение заказчики отдают прозрачным лакокрасочным материалам (ЛКМ), которые проявляют неповторимую текстуру древесины. Учитывая влияние высоких нагрузок на ступени, к ЗДП лестниц предъявляются высокие требования по стойкости к истиранию, адгезии, водостойкости, влаго-

стойкости, эластичности и твёрдости. Анализируя ассортимент современных ЛКМ, применяемых для отделки лестниц из древесины, можно выделить масляные пропитки (МП) и восковые мастики (ВМ), поскольку перед традиционно используемыми уретановыми и алкидными лаками они имеют такие преимущества, как удобный уход, большой срок службы и небольшие затраты на формирование ЛКП.

При ходьбе в обуви по лакированной поверхности, на ней возникают многочисленные дефекты в виде сколов, царапин, трещин, вмятин и т. п. Эти дефекты – следствие того, что лак образует плёнку, которая при большой точечной нагрузке трескается. Устранить эти дефекты возможно, только удалив старое ЗДП и создав новое. МП и ВМ образуют плёнки, которые в случае появления царапины достаточно лишь протереть средством по уходу на восковой основе. При больших перепадах температуры и влажности в помещении, у многих лаков в местах стыков возникают разрывные трещины, ухудшающие зрительное восприятие. Защитные функции даже самой прочной лаковой плёнки ограничены, так как она подвержена истиранию. Срок службы составляет 5-6 лет. МП так глубоко проникают в древесину, что удалить их с поверхности почти невозможно, а для ухода достаточно раз в пол года использовать чистящие средства. В отличие от лака при повторном нанесении МП и ВМ полностью снимать и удалять с поверхности прежнее покрытие не нужно.

Затраты на формирование ЗДП лаком больше, чем при натирании МП или ВМ. Это связано с тем, что натирка деталей может осуществляться после монтажа лестницы, это гораздо удобнее, чем производить эту операцию в мастерской, так как доставка и установка деталей лестницы несёт ряд проблем, которые сложнее решать с готовыми деталями. При использовании лака, наносить его лучше на отдельные детали, а это повысит стоимость лестницы.

Цель работы – выполнить сравнительный анализ ЛКМ, применяемых для отделки лестниц, и дать рекомендации к применению.

В таблице 1 приведён анализ некоторых ЛКМ, применяемых для формирования покрытия лестниц.

Анализ показал, что расход МП и ВМ меньше, чем у лаков, за исключением пасты Uzin MN 88, к тому же количество нанесения слоёв и общее время сушки МП и ВМ ниже. Такая разница во времени особо заметна при выполнении больших объёмов работ и там, где подрядчик ограничен в сроках.

Следует учитывать, что для получения качественного ЗДП лаками, необходимо последовательное нанесение 3-х и более слоёв ЛКМ с промежуточной сушкой и шлифованием.

МП и ВМ позволяют тонировать для придания лестнице оттенка, имитирующего дорогие породы древесины.

Стоит отметить, что лестницу покрытую МП или ВМ нельзя будет лакировать, так как адгезия лака к такой поверхности плохая, а шлифование верхнего слоя не удалит глубоко впитавшееся масло или воск.

К недостаткам МП нужно отнести их особую чувствительность к условиям сушки при повышенной температуре воздуха (при работе центрального отопления, отсутствии вентиляции, прямого попадания солнечных лучей). В таких случаях можно столкнуться с большим замедлением процесса высыхания масла. Одновременно должен быть обеспечен приток свежего воздуха, поскольку для высыхания МП нужен кислород. Необходимо следить, чтобы масло не наносилось в большом количестве. При

нанесении излишне толстых слоёв наступает момент, когда масло перестаёт впитываться и остаётся на поверхности. Поэтому его наносят равномерно тонким слоем с последующей натиркой тряпкой.

Таблица 1 – Характеристика некоторых ЛКМ

ЛКМ, основа	Расход ЛКМ, г/м ²	Сушка между слоями при t=18-25 °С, ч	Колич. нанес.	Выдержка до эксплуат. ЛКП при t=18-25 °С, ч	Общее время сушки ЛКМ, ч
Ярославские краски (Россия), лак ПФ-283	90	36	3	36	108
Uzin (Германия), лак MF 76 (ПУ – алкидный)	100	8	3	72	88
Uzin, лак MF 96 (ПУ - акрилатный)	110	4	3	72	80
Uzin, лак MF 88 DD (ПУ)	120	4	3	48	56
Sirca (Италия), лак OPU60G40 (ПУ)	130	16	3	24	56
Sirca, лак OW106G40 (ПУ)	120	16	3	24	56
Ярославские краски, лак ЭП-2146 (эпоксидн.)	100	2	3	48	52
Uzin, паста МН 88 (МП+ВМ)	250	1	2	18	19
Vona (Швеция), Carl's 90 (МП)	100	1	2	12	13
Classic Top-Wachs (Австрия) (ВМ)	70	1	2	12	13

При правильно выбранной тактике ухода за лестницей, обработанной МП или ВМ, срок службы поверхности практически не ограничен. Используя чистящие составы, разбавляемые водой, вы сможете ухаживать за лестницей без особых усилий.

Библиографический список

1. Паркетные лаки или масляные пропитки и восковые мастики? [текст] / С.Г. Милоуков // Лакокрасочные материалы. 2003. С. 107-118.
2. Савченко, В.Ф. Материалы для облицовывания и отделки столярно-мебельных изделий [текст]: учеб. пособие для вузов / В.Ф. Савченко. Изд. 4-е, стереотипное. М.: АСАДЕМА, 2000. с. 146.
3. Ярославские краски // www.yarkraski.ru
4. Паркетная химия // www.parket-dom.ru
5. SIRCA // www.sirca.ru

Наливко Е. В., Шетько С. В., Спиглазов А. В. (БГТУ, г. Минск, РБ)

МЕСТНЫЙ ИЗГИБ ПАНЕЛЕЙ С БУМАЖНЫМ СОТОВЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ

LOCAL BENDING OF PANELS WITH PAPER CELLULAR FILLER

В настоящее время в Республике Беларусь особое внимание уделяется повышению эффективности производства и качества изделий, в том числе и мебели. Всемерная экономия древесных материалов остается актуальной задачей, в связи с ростом объема производства мебели и столярно-строительных изделий (ССИ) и повышением требований к их качеству.

На сегодня наиболее эффективными, экологически чистыми, относительно дешевыми и технологичными при изготовлении деталей мебели и ССИ являются облегченные щиты с бумажным сотовым наполнителем. Однако информация по свойствам этих материалов весьма ограничена или отсутствует полностью.

Одной из основных схем нагружения типовых конструктивных элементов, используемых в мебели, является объемный изгиб (местный прогиб плоскости от сосредоточенных нагрузок) панелей, опертых по контуру. Это преимущественно горизонтально и вертикально расположенные панели (с примерно равным отношением $l : b$) (рисунок 1) [1, 2].

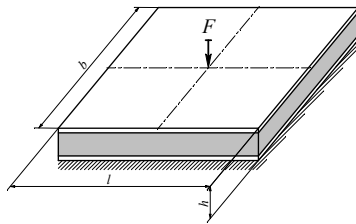
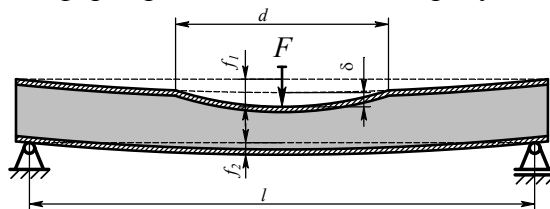


Рисунок 1 – Схема нагружения облегченного щита при объемном изгибе

Малая устойчивость наполнителя на сжатие и низкая жесткость обшивок на изгиб, обуславливают низкую прочность трехслойных щитов под воздействием контактных нагрузок. При выполнении экспериментальных работ использовалась схема нагружения сосредоточенным нормальным к плоскости щита усилием F . Щит свободно оперт по контуру. Схема деформирования показана на рисунке 2.



f_1 – перемещение точки приложения нагрузки F ; f_2 – прогиб щита;

δ – прогиб обшивки; d – диаметр поврежденной зоны

Рисунок 2 – Схема деформирования щита от сосредоточенной нагрузки в разрезе

Как установлено ранее по расчетной модели и подтверждено экспериментально в случае изгиба облегченного щита по трехточечной схеме использование обшивок большой толщины при толщине самого щита не более 50 мм не целесообразно из-за

низкой относительной прочности трехслойной конструкции. В связи с этим экспериментальные исследования проводили для щитов с относительно тонкими обшивками малой жесткости из HDF и ДВП, толщина которых равна 3 мм.

В результате исследований выявлены два механизма разрушения щита: местное смятие заполнителя под точкой приложения нагрузки и разрушение материала обшивки. Такой характер поведения обусловлен низкими показателями жесткости материала обшивки на местный изгиб и сотового заполнителя. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Жесткостные и прочностные характеристики щитов

Размер ячейки, мм	Высота заполнителя h_c , мм	Критический прогиб обшивки $\delta_{кр}$, мм	Максимальный прогиб δ_{max} , мм	Плотность пакета ρ , кг/м ³	Относительная жесткость панелей D_x/b , Па·м ³	Критич. усилие $F_{кр}$, Н / диаметр поврежд. области $d_{кр}$, мм	Максимальная нагрузка F_{max} , Н / диаметр поврежде. области d_{max} , мм
1	2	3	4	5	6	7	8
ДВП номинальной толщиной 3 мм							
15	15	–	–	253	730	–	–
	25	0,65	3,4	183	1745	120 / 25	550 / 100
	35	0,60	4,7	146	3200	115 / 30	520 / 120
25	15	–	–	245	705	–	–
	25	0,70	4,6	171	1705	110 / 30	510 / 110
	35	0,75	5,4	135	3120	97 / 35	475 / 130
35	15	–	–	239	690	–	–
	25	0,85	5,9	167	1675	70 / 50	420 / 160
	35	0,90	7,9	130	3070	67 / 55	480 / 180
ДВП мокрого способа формования номинальной толщиной 3,2 мм							
25	15	–	–	413	2185	–	–
	25	0,72	7	315	4550	180 / 30	650 / 150
	35	–	–	256	7850	–	–
Крашенная HDF номинальной толщиной 3 мм							
25	15	–	–	285	605	–	–
	25	–	–	200	1400	95 / 35	460 / 190
	35	–	–	160	2620	–	–

В качестве показателей прочности щита при локальном сжатии целесообразно использовать величину разрушающей нагрузки. Критерием разрушения от смятия является равенство местного прогиба обшивки и допустимых деформаций на сжатие для материала:

$$\delta \leq \delta_{кр} . \quad (1)$$

В рамках эксперимента местный прогиб определяли через вертикальное перемещение точки приложения нагрузки $F - f_1$ и прогиб щита f_2 по формуле:

$$\delta = f_1 - f_2 . \quad (2)$$

При достижении прогибом δ критической величины фиксировали значение нагрузки $F_{кр}$ и диаметр поврежденной зоны $d_{кр}$, при котором сотовый заполнитель терял ус-

тойчивость. Так как в данном случае после снятия нагрузки обшивка возвращалась в первоначальное положение за счет упругих свойств, на внешнем виде щита данный способ разрушения не сказывался, наблюдалось изменение твердости щита в месте приложения нагрузки на площади диаметром $d_{кр}$.

При дальнейшем увеличении нагрузки сопротивление возрастало вплоть до момента разрушения обшивки. Фиксировали характер разрушения, величину максимального усилия F_{max} и диаметр поврежденной области d_{max} . После снятия нагрузки обшивка не возвращалась в исходное состояние, на поверхности щита наблюдалась вмятина диаметром d_{max} . В точке приложения нагрузка происходит разрыв обшивки от растягивающих напряжений.

Установлено, что для щитов с габаритными размерами, превышающими значение d_{max} в 2,5–3 раза, уменьшение удельных характеристик прочности и жесткости при изгибе практически не наблюдается (уменьшение жесткости менее 10% от исходного).

Полученные данные дают возможность проектировщику оптимизировать конструкцию изделий по предельным нагрузкам с целью перераспределения сосредоточенных нагрузок, и усиления локальных зон, за счет введения дополнительных вставок жесткости на поверхности диаметром не менее d_{max} .

Библиографический список

1. Ставров В. П. Механика композиционных материалов: Учеб. Пособ. Для студентов машиностроительных специальностей. – Минск: БГТУ, 1996. – 164 с.
2. Рудицын М. Н., Артёмов П. Я., Любошиц М. И. Справочное пособие по сопротивлению материалов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Минск: Вышэйшая школа, 1970. – 630 с.

Полухин А.В. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) xspoluhinx@mail.ru

ОБОСНОВАНИЕ ТИПОВ БЕРЕЗНЯКОВ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ЗАГОТОВКИ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ INTRODUCTION DIFFERENT TYPES OF BIRCH WOODS FOR EFFECTIVE WOOD HARVESTING

В настоящее время около 40 % всей лесопокрытой площади Свердловской области занимают березовые леса (их площадь составляет 4,5 млн. га.) [1]. За последние десятилетия они получили значительное распространение. В 1927 г. березовые леса составляли 0,44 млн. га., а в 1981 г. занимали площадь 0,96 млн. га. [2]. Распространение березняков, главным образом, вызвано сменой хвойных пород лиственными. Вследствие этого, значительная часть березняков являются производными.

Насаждения, заменившие хвойные леса в результате сплошных рубок либо пожара, а так же впервые появившиеся на заброшенных полях, образуют первично-производные березняки. Они, в свою очередь, в результате существенных изменений в почвенном покрове могут образовать вторично-производные березняки. Под действием внешних факторов вторично-производные березняки могут существовать длительное время и изменить первоначальный тип леса. Условно-коренные березняки раз-

виваются в заболоченной местности и практически не отличаются от коренных типов березняков [2].

Тип леса представляет собой лесоводственную классификацию, объединяющую леса с однородными лесорастительными условиями определенного типа, с соответствующим им породовым составом древостоев, другой растительностью и фауной [3]. Среди типологий наибольшее применение для лесов Среднего Урала получила типология Б. П. Колесникова. В ней учитываются: рельеф, высотные пояса, почвы, режимы увлажнения и другие признаки. Но в типологии Б. П. Колесникова характеризуются коренные и условно-коренные типы леса. Для нас большое значение имеют производные листовенные насаждения, поэтому мы воспользуемся характеристикой производных и условно-коренных берёзовых типов леса Среднего Урала на стадиях приспевания и спелости, составленной Н. А. Луганским [2]. Типы леса объединены в шесть групп: липняковая, разнотравная и ягодниковая, травяно-зеленомошная, крупнотравно-приручьевая, мшисто-хвощовая, сфагновая и травяно-болотная. Нам необходимо выявить наиболее подходящие типы березняков для эффективной заготовки древесного сырья.

Под эффективной заготовкой понимается заготовка древесины с максимальным объемным выходом основных групп сортиментов. Наибольшее распространение в лесной промышленности получили следующие виды сортиментов мягколиственных пород древесины: пиловочник, фанерный кряж, балансы для целлюлозной промышленности, энергетическое сырье. При оценке лесосек предприятия Среднего Урала в основном применяют сортиментные и товарные таблицы Н.П. Анучина. Чтобы определить выход сортиментов, производят замер диаметров и высот деревьев. Полученные данные, с учетом ступеней толщины, умножают на выходы сортиментов, указанные в сортиментной таблице Анучина. Так же применяется и другой метод, основанный на оценке древостоев с помощью товарных таблиц. В таблице сортименты распределены в процентном соотношении. Для определения объема отдельных сортиментов, их доля умножается на общий запас древостоя [4].

Запас древостоя напрямую зависит от типа леса. Так как тип леса характеризуется определенными лесорастительными условиями, то в тех группах, где условия для произрастания наиболее благоприятные, запас древесины будет выше. Соответственно, чем больше запас насаждений, тем больший объем древесины можно заготовить в данном участке леса. По таксационным описаниям Н.А. Луганского [2] определим группы типов леса с наиболее высоким запасом стволовой древесины. Для этого проанализируем насаждения, достигшие VI класса возраста (50-60 лет).

Как видно из диаграммы (рис. 1), липняковая группа имеет наибольший запас, порядка 320 куб. м./га. Так же высокий запас древесины в разнотравной и ягодниковой группе (258 куб. м./га), травяно-зеленомошной (204 куб. м./га) и крупнотравно-приручьевой (186 куб. м./га) группах типа леса. Эти группы являются приоритетными для заготовки древесины, так как могут обеспечить большие объемы заготовки. Мшисто-хвощовая, сфагновая и травяно-болотная группы имеют низкий запас, порядка 130 куб. м./га и 89 куб. м./га соответственно. Проведение в них рубок с целью получения больших объемов основных групп сортиментов является неэффективным.

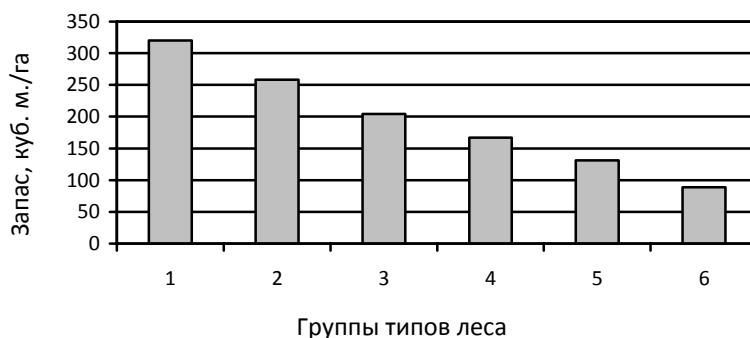


Рисунок 1 – Распределение запаса берёзовых насаждений Среднего Урала по группам типов леса: 1- липняковая, 2- разнотравная и ягодниковая, 3- травяно-зеленомошная, 4- крупнотравно-приручьевая, 5- мшисто-хвощовая, 6- сфагновая и травяно-болотная

Объем древостоя зависит от величины среднего диаметра и средней высоты. Построим графики зависимости этих показателей от возраста для различных групп типов леса.

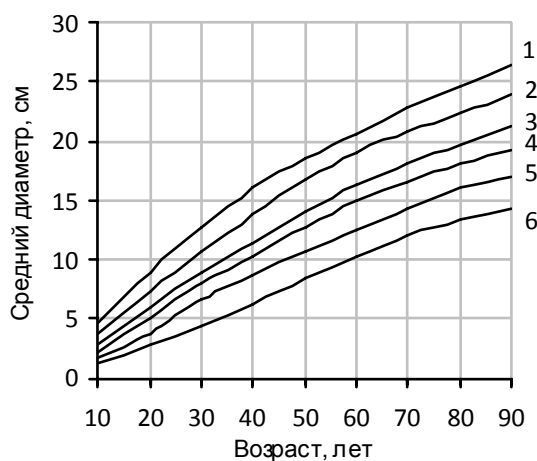
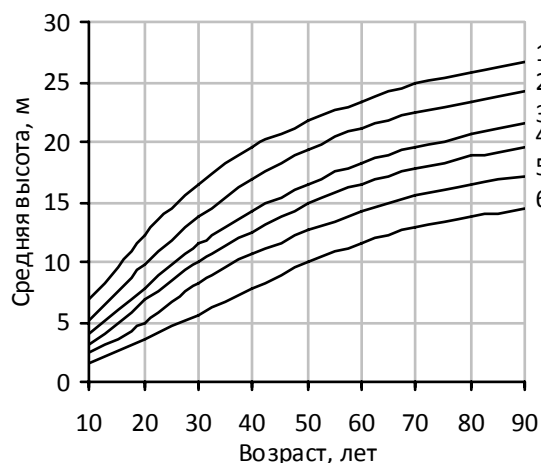


Рисунок 2 – Средняя высота древостоев березы различного возраста по группам типов леса: 1 - липняковая, 2 - разнотравная и ягодниковая, 3 - травяно-зеленомошная, 4 - крупнотравно-приручьевая, 5 - мшисто-хвощовая, 6 - сфагновая и травяно-болотная

Рисунок 3 – Средний диаметр древостоев березы различного возраста по группам типов леса

Наибольшие значения средних высоты и диаметра наблюдается в липняковой, разнотравной и ягодниковой группах типов леса. В IX классе возраста липняковой группы средняя высота деревьев 26,6 м., средний диаметр – 26,5 см. В разнотравной и ягодниковой группе эти значения меньше соответственно на 9 % и 9,5 % (24,2 м., 24,0 см.). Травяно-зеленомошная и крупнотравно-приручьевая группы имеют на 20 %, 26 % меньшие значения по средней высоте и на 20 %, 27 % меньшие значения по среднему диаметру относительно липняковой группы. Мшисто-хвощовая, сфагновая и травяно-болотная группы из-за особенностей условий произрастания имеют низкие показатели роста. Средняя высота 17,2 м. и 14,4 м., что на 35 %, 45 % меньше чем в липняковой группе, а средний диаметр древостоев составляет 17 см., 14,3 см. Таким образом,

по приведенным размерным характеристикам можно выделить группы типов леса, в которых возможна эффективная заготовка древесины. В их число входит липняковая группа, имеющая наибольшие показатели роста древостоев, а так же разнотравная и ягодниковая, травяно-зеленомошная группы, в которых показатели роста не более чем на 20 % меньше липняковой группы.

Мы выделили приоритетные группы типов леса, в которых можно вести лесозаготовки, нацеленные на получение больших объемов основных групп сортиментов. Каждый тип леса занимает определенную долю от общей площади берёзовых насаждений Среднего Урала. Необходимо определить, в какой мере распространен тот или иной тип леса. По данным таксационных описаний Н.А. Луганского [2] построим диаграмму распределения площадей берёзовых насаждений по группам типов леса. Территория Среднего Урала имеет разные природно-климатические зоны. Распространенность берёзовых лесов и их типы напрямую зависят от условий произрастания. Поэтому при составлении диаграммы следует учесть провинции (Предуральская, Среднеуральская, Зауральская).

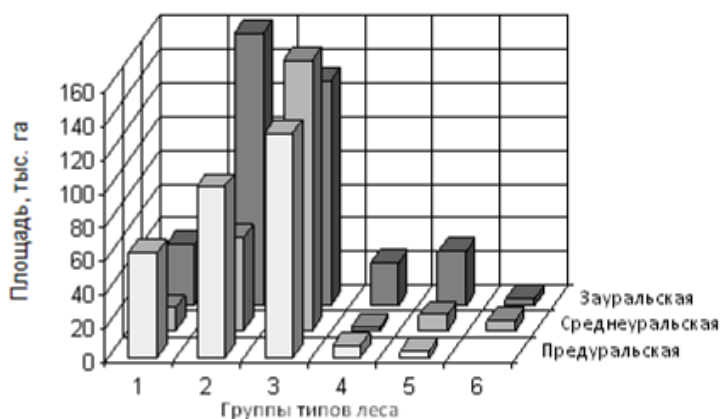


Рисунок 4 – Распределение площадей берёзовых насаждений Среднего Урала по группам типов леса: 1 - липняковая, 2 - разнотравная и ягодниковая, 3 - травяно-зеленомошная, 4 - крупнотравно-приручьевая, 5 - мшисто-хвощовая, 6 - сфагновая и травяно-болотная

На диаграмме (рис. 4) видно, что травяно-зеленомошная группа наиболее распространена, она занимает около 44 % всей площади березняков. Разнотравная и ягодниковая группы занимают 36 %. Липняковая группа занимает 11 % от общей площади. В Зауральской провинции можно выделить две основные группы, имеющие наибольшую площадь: разнотравная и ягодниковая (183,1 тыс. га), травяно-зеленомошная (132 тыс. га). Их суммарная площадь составляет 75 % от площади березняков в Зауральской провинции. В Среднеуральской провинции травяно-зеленомошная группа занимает 63 % . На долю разнотравной и ягодниковой группы приходится 22 %. В Предуральской провинции можно выделить три основные группы: липняковая (20 %), разнотравная и ягодниковая (34 %), травяно-зеленомошная (42 %). В сумме они занимают 96 % площади берёзовых насаждений Предуральской провинции.

На основании проведенного анализа можно выделить основные группы типов леса, в которых можно проводить эффективные лесозаготовительные мероприятия. Древостои в липняковой, разнотравной и ягодниковой, травяно-зеленомошной группах

типов леса характеризуются высокими показателями роста. Основные количественные характеристики, такие как средняя высота и средний диаметр древостоя, в указанных группах имеют большие значения в сравнении с другими группами. Запас древесины в этих группах составляет от 200 куб. м./га до 320 куб. м./га. Наряду с высокими показателями качественных характеристик древостоев, липняковая, разнотравная и ягодниково-травяно-зеленомошная группы занимают практически всю площадь берёзовых насаждений Среднего Урала (96 % общей площади). Это дает основание полагать, что эти группы типов леса являются предпочтительными для заготовки основных групп сортиментов. Проектирование лесоводственно-технологических мероприятий для различных типов берёзовых насаждений позволит выстроить технологию для эффективной заготовки древесного сырья в березняках Среднего Урала.

Библиографический список

1. Государственный учет лесного фонда на 1 января 2006 [Электронный ресурс]: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации.
URL: <http://www.mnr.gov.ru/part/?act=more&id=1666&pid=249> (дата обращения 15.02.2010).
2. Луганский, Н.А. Березняки Среднего Урала [Текст] / Луганский Н.А., Лысов Л.А. – Свердловск: Изд-во Урал. ун-та. – 1991. – 100 с.
3. Коростелёв, А.С. Недревесная продукция леса. Термины и определения [Текст] / Коростелёв А.С., Залесов С.В. // Учеб. пособие. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т., - 2006. – 64 с.
4. Анучин Н.П. Сортиментные и товарные таблицы [Текст] / 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесная пром-сть, 1981. 536 с.

Рублева О.А., Кузнецов Г.П.

(ГОУ ВПО «ВятГУ», г. Киров, РФ) ru_olga_ru@mail.ru

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ КОНСТРУКЦИИ ШИПОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ SYSTEM APPROACH IN DEVELOPING, DESIGNING AND MANUFACTURING WORKED JOINTS

В производстве мебели, столярно-строительных и других изделий из древесины широко используются шиповые клеевые соединения деталей. В настоящее время наибольшее применение в производстве этих изделий получили шиповые соединения с прямоугольной и треугольной (зубчатой) формой шипов в продольном сечении. Эти шипы изготавливаются на фрезерных станках с применением дорогостоящих фрез, имеющих сравнительно невысокую стойкость [1]. С целью повышения качества шиповых соединений деревянных деталей и снижения затрат на их изготовление разработаны конструкции шипов и технологии их изготовления путем вдавливания в торцы заготовок на прессах пуансона с профилем, соответствующим форме шипов [2]. Такие конструкции шипов и технологии их изготовления наиболее привлекательны для малых предприятий деревообрабатывающей промышленности.

В связи с существованием множества альтернативных вариантов конструкций шиповых соединений и технологий их изготовления, актуальной задачей является разработка методического обеспечения системного проектирования шиповых соединений и технологий их изготовления, а также методик выбора наиболее привлекательных из них для предприятий. Для решения этой задачи разработан процесс системного проектирования шиповых соединений и технологических процессов их изготовления [3], включающий три подпроцесса:

1) проектирование шиповых соединений и выбор наиболее привлекательного по качеству (разработка альтернативных вариантов шипового соединения, оценка и выбор типа и размеров наиболее привлекательного по качеству варианта, разработка чертежей);

2) разработка технологических процессов и выбор наиболее привлекательного (разработка альтернативных вариантов технологических процессов, оценка и выбор наиболее привлекательного варианта, разработка технологической документации);

3) проектирование технологической оснастки и выбор наиболее привлекательной (разработка альтернативных вариантов технологической оснастки, оценка и выбор наиболее привлекательного варианта, разработка чертежей).

В состав исходной информации для разработки этих подпроцессов входят: требования к качеству изделия; сведения о заготовке (размеры заготовки, порода древесины, влажность, направление волокон); комплекс требований к размерам, качеству и прочности шипового соединения (технические требования заказчика к изделию, государственные стандарты на соединения); ограничения по затратам на изготовление соединения.

Для выполнения *первого подпроцесса* разработан классификатор шиповых соединений в форме компактной морфологической таблицы. Классификатор шиповых соединений включает форму продольного сечения шипа (треугольный, прямоугольный, трапециевидный, сложной формы), форму поперечного сечения шипа (круглый, прямоугольный, треугольный, сложной формы), количество шипов (один или несколько), количество рядов шипов (один или несколько), вид соединения по выходу шипов на пласть и кромку (видимые или невидимые).

Выбор наиболее привлекательного по качеству шипового соединения производится с помощью системы показателей «Качество шипового соединения». Этот комплексный показатель оценивается единичными (частными) показателями: глубина деформированной зоны; изменение макроструктуры деформированной зоны; шероховатость граней проушины; твердость дна проушины; прочность соединения по длине на растяжение; прочность соединения по длине на изгиб. После оценки единичных показателей качества шиповых соединений производится выбор наиболее привлекательных (лучших) шиповых соединений. Этот выбор производится дифференциальным и (или) комплексным методами, описанными в ГОСТ 15467-79.

Первый подпроцесс заканчивается разработкой чертежей наиболее привлекательного по качеству шипового соединения деревянных деталей.

Второй и третий подпроцессы системного проектирования техпроцессов тесно взаимосвязаны и могут выполняться последовательно или совместно.

Для выполнения этих подпроцессов разработаны классификатор технологических процессов и оснастки для изготовления шипов прессованием в форме морфологи-

ческой таблицы и структура баз данных о технологическом оборудовании, его стоимости и его производителях. Классификатор технологических процессов и оснастки для прессования шипов включает следующую информацию: схема обработки (позиционная, проходная, позиционно-проходная), тип пресса по направлению усилия прессования (горизонтальный, вертикальный), тип привода (пневматический, гидравлический, механический и др.), усилие прессования (до 1,5 кН, свыше 1,5 до 5 кН и т.д.), скорость прессования (до 30 мм/мин, свыше 30 до 60 мм/мин и т.д.), способ обжима заготовки (без обжима, двухсторонний, четырехсторонний), конструкция механизма обжима заготовки (винтовой, клиновой, пневматический и др.), конструкция устройства для извлечения пуансона (пружинное, гидравлическое, рычажное и др.).

Для оценки затрат на изготовление шиповых соединений (расчета комплексного показателя «Затраты на изготовление соединения») используется ряд единичных (частных) показателей: затраты на заготовки, на клей, на электроэнергию, на подготовку инструмента, на технологическую оснастку, на амортизационные отчисления, на заработную плату.

Для выбора наиболее привлекательного технологического процесса используются два комплексных показателя: «Качество шипового соединения» и «Затраты на изготовление соединения». Выбор наиболее привлекательного техпроцесса производится по обобщенному (глобальному) критерию «Привлекательность шипового соединения», причем коэффициенты весомости показателей определяются с позиций производителя и потребителей изготавливаемой продукции.

Второй и третий подпроцессы заканчиваются разработкой технологической документации и чертежей оснастки.

Разработан комплекс методик и моделей для расчета показателей привлекательности конструкций шиповых соединений, вариантов технологических процессов и оснастки.

Проведены экспериментальные исследования процесса формообразования проушин с целью анализа механизма пластического деформирования и разрушения проушины при внедрении призматического индентора в торцовую поверхность образцов из древесины с различным микростроением.

Исследование проводилось на образцах из древесины сосны, березы и дуба влажностью 9% и 30%. В исследовании применялись следующие приборы и установки: влагомер Hydromette Компакт; пресс П-10 с приспособлением для закрепления заготовок и инструмента (пуансона); сканер HP ScanJet 2380, фотоаппарат Canon A530.

Исследован механизм пластического деформирования и разрушения проушины при внедрении призматического индентора в торцовую поверхность образцов из древесины различного микростроения: типичной хвойной породы (сосны), типичной лиственной кольцесосудистой (дуба), типичной лиственной рассеяннососудистой (березы). Процессы деформирования древесины сосны, березы и дуба при внедрении призматического индентора в основном схожи. Это сдвиг и сжатие древесины вдоль волокон, формирование «пробки» из деформированной древесины.

Исследована структура древесины при внедрении призматического индентора. В процессе получения прямоугольной проушины происходит деформация древесины в зоне внедрения пуансона. В деформированной зоне наблюдаются складки деформации сдвига поздней зоны в радиальном направлении и утолщение зон поздней древесины.

При наличии двух – или четырехстороннего обжима заготовки, отсутствии косо-слоя в древесине и её низкой влажности возможно получение качественных шипов, с высокой точностью размеров проушины и малой шероховатостью ее граней (не более 80 мкм). Глубина внедрения индентора при двухстороннем обжиме не должна превышать две с половиной ширины проушины; при четырехстороннем обжиме – шесть ширин проушины. При увеличении глубины внедрения свыше указанных пределов формируется глубокая трещина в плоскости скольжения и происходит раскалывание образца.

Результаты исследований использованы для разработки системы моделей, необходимых для расчета усилия прессования и показателей качества шипов.

В работе П.Н. Хухрянского [4] приведена методика разработки модели для расчета усилия прессования древесины поперек волокон в пресс-форме. По аналогичной методике разработана аналитическая модель (1) для расчета усилия прессования прямоугольных проушин:

$$P = \sigma BS(2 - e^{-2(f_m \mu_{ra} \frac{1}{S} + f_{dr} \mu_{ta} \frac{1}{B})h_n}) + 2\tau_{ck} Sh_n, \quad (1)$$

где P – усилие прессования, МПа;

σ - напряжение в древесине при сжатии вдоль волокон, МПа;

S - толщина заготовки, мм;

B - ширина проушины, мм;

f_m – коэффициент трения древесины по металлу;

f_{dr} – коэффициент трения древесины по древесине;

μ_{ra}, μ_{ta} - коэффициенты Пуассона;

h_n – глубина проушины, мм;

τ_{ck} – предел прочности при скалывании вдоль волокон, МПа.

Форма и размеры заготовки приведены на рис. 1.

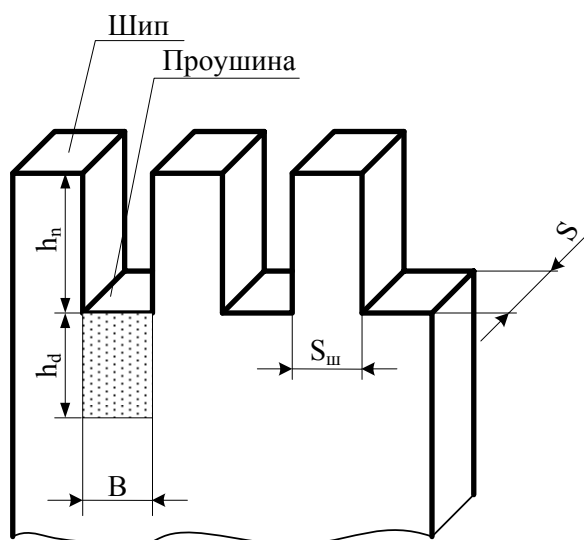


Рисунок 1 – Форма и размеры заготовки

Таким образом, установлено, что усилие прессования проушины в заготовке заданного сечения, определенной породы, зависит от толщины, влажности и температуры заготовки, ширины и глубины проушины, скорости прессования.

С целью определения возможности использования этой модели для технологических расчетов разработана методика экспериментальной оценки усилия прессования.

Исследовалась величина усилия прессования прямоугольной проушины глубиной h_n от 5 до 11 мм, шириной B от 4 до 20 мм в образцах из древесины сосны, березы, дуба влажностью W от 8 до 18%, толщиной $S=25$ мм, шириной $A=40$ мм, высотой $H=60$ мм. Характеристики процесса определяли по результатам разведывательных опытов: скорость прессования $v=50$ мм/мин, усилие обжима заготовки $P_0=1000$ Н.

В соответствии с работой [5], был реализован полный факторный эксперимент типа 2^3 для получения математической модели усилия прессования проушин в древесине березы и дуба и некомпозиционный план второго порядка для трех факторов для древесины сосны. В результате статистической обработки результатов экспериментов (при 5%-ном уровне значимости) получили эмпирические модели расчета усилия прессования прямоугольной проушины в заготовках из древесины сосны, березы, дуба. В качестве примера приведена модель (2) для расчета усилия прессования прямоугольной проушины в древесине березы:

$$P_b = 20055,68 - 2598,93W - 2487,66h_n + 1719,25B + 371,88Wh_n - 40,61h_nB \quad (2)$$

В результате сравнения результатов расчетов по аналитическим и эмпирическим моделям установили, что наибольшее влияние на расхождение результатов расчетов оказывает влажность древесины W . Поэтому было принято решение использовать корректирующие коэффициенты k_w , учитывающие влияние влажности, а усилие прессования рассчитывать $P_{\text{коэф}}=P \cdot k_w$. В результате применения модели получают данные для определения усилия пресса P , его производительности и себестоимости соединения.

Выполнен комплекс исследований, целью которого являлась разработка моделей для расчета показателей качества шипов и прочности шиповых соединений [6, 7].

Для определения номенклатуры [8] показателей качества шипов и шиповых соединений использовали рекомендации:

- государственных стандартов на соединения по длине и изделия с их применением (ГОСТ 19414–90, 9330–76, 475–78, 23166–99);
- типовых номенклатур показателей качества продукции [9, 10];
- государственных стандартов на номенклатуру показателей качества для изделий из древесины (ГОСТ 4.208–79, 4.226–83).

В систему для оценки качества шипов включены следующие показатели:

- 1) твердость дна проушин, оцениваемая по показателю HRL или HRM;
- 2) относительная глубина деформированной зоны h_3 (рис. 1);
- 3) шероховатость граней шипа (проушины) $R_{m \text{ max}}$, оцениваемая по ГОСТ 7016-82;
- 4) качество макроструктуры пластически деформированной зоны;
- 5) прочность шиповых соединений на растяжение σ_{rW} и изгиб σ_{izW} , оцениваемая по ГОСТ 15613.5–79 и 15613.4–78.

Исследования качества шипов проводили на заготовках из древесины сосны, березы, дуба влажностью $W=8 \div 18$ %. Размеры заготовки: толщина $S=25$ мм, ширина

$T=40$ мм, высота $H=60$ мм; размеры проушины: глубина $h_n=5\div 11$ мм, ширина $B=4\div 20$ мм. Форма и размеры заготовки приведены на рис. 1.

Прессование шипов осуществляли со скоростью $v=50$ мм/мин, при этом заготовки обжимали с усилием $P_0=1000$ Н. Для получения профиля шипового соединения на обеих соединяемых деталях использовали один и тот же пуансон и приспособление. Твердость по методу Роквелла измеряли на приборе ТР 5014. Для определения относительной глубины деформированной зоны h_3 измеряли глубину проушины h_n и размер деформированной зоны h_d под проушиной. Для расчета относительного увеличения твердости (HRL для образцов из древесины сосны, HRM для образцов из древесины березы и дуба) замеряли торцовую твердость образца до прессования проушины и твердость дна полученной проушины.

В результате статистической обработки результатов экспериментов (при 5%-ном уровне значимости) получили эмпирические модели расчета твердости дна проушины HRL или HRM и относительной глубины деформированной зоны h_3 . В качестве примера приведены модели (3) и (4) для расчета этих показателей имеют вид для образцов из древесины березы:

$$HRM = 158,47 - 5,39W + 12,83h_n - 0,60h_n B + 3,62B, \quad (3)$$

$$h_3 = 860,40 - 73,45W - 67,5h_n - 20,68B + 5,81Wh_n + 1,72WB + 0,87h_n B \quad (4)$$

Модели позволяют с достаточной точностью определить твердость дна и относительную глубину деформированной зоны прямоугольной проушины в заготовках из древесины сосны, березы, дуба.

Оценку шероховатости граней проушины $R_{m \max}$ проводили по фотоснимкам срезов образцов путем измерения высот максимальных неровностей в соответствии с ГОСТ 7016–82. При исходной шероховатости торца заготовки $R_{m \max}=200$ мкм среднее значение шероховатости граней проушины для образцов из древесины сосны составило $R_{m \max}=80$ мкм, из древесины березы – $R_{m \max}=83$ мкм, из древесины дуба – $R_{m \max}=78$ мкм.

Оценку качества макроструктуры пластически деформированной зоны проводили визуально, по фактическому состоянию образцов и их фотоснимкам, путем сравнения с эталонами. Для оценки разработали пятибалльную шкалу: от 5 баллов – «отличная структура» – видимые изменения макроструктуры отсутствуют, до 1 балла – «дефектная структура» – в зоне деформации наблюдается значительное изменение направления волокон и значительное изменение тона окраски, четко просматриваются границы деформированной зоны. Так, в образцах из древесины сосны изменения макроструктуры деформированной зоны оценили в основном на 4 балла (53 %), 4 % образцов были оценены на 5 баллов, 7 % – на 3 балла, 3% – на 2 балла. Образцы из древесины березы и дуба в основном были оценены на 3 или 4 балла.

По приведенным в [11] данным, нормативная прочность зубчатых соединений на современных клеях составляет 50 – 60% прочности древесины. В связи с этим, для расчета пределов прочности соединения по длине на растяжение σ_{rW} и на изгиб σ_{izW} при заданной влажности получены аналитические модели (5) и (6):

$$\sigma_{rW} = k_1 \sigma_r, \quad (5)$$

$$\sigma_{izW} = k_2 \sigma_{iz}, \quad (6)$$

где σ_r – предел прочности древесины при растяжении вдоль волокон, при заданной влажности;

σ_{iz} – предел прочности древесины при статическом изгибе, при заданной влажности;

k_1 и k_2 – поправочные коэффициенты, полученные в результате экспериментальных исследований, учитывающие форму и размеры соединения, применяемый клей, влажность заготовок.

Исследование прочности шиповых соединений проводили на заготовках из древесины сосны и березы толщиной $S=25$ мм, шириной $T=40$ мм, длиной $H=160$ мм. Путем прессования на заготовках получили профиль шипового соединения двух типоразмеров – А и Б. Для типоразмера А толщина шипа составила $S_{ш}=2$ мм, ширина проушины $B=2,2$ мм, глубина проушины $h_n=10$ мм, шаг шипа $t_{ш}=S_{ш}+h_n=4,2$ мм; для типоразмера Б – $S_{ш}=4$ мм, $B=4,2$ мм, $h_n=20$ мм, $t_{ш}=8,2$ мм. Испытания на растяжение и на изгиб проводились по ГОСТ 15613.5–79 и 15613.4–78 на разрывной машине Р–5.

В результате экспериментов определены значения пределов прочности соединений и поправочных коэффициентов k_1 и k_2 . В качестве примера приведена модель (7) расчета предела прочности соединения по длине заготовок из древесины:

$$\sigma_{rW} = \frac{0,39\sigma_r}{1 + 0,04(W - 12)} \quad (7)$$

Постоянными факторами являются порода древесины, характеристики клея, режимы склеивания. Переменными факторами являются влажность заготовки W , пределы прочности древесины при растяжении вдоль волокон и при статическом изгибе. В результате применения моделей можно определить значения пределов прочности на растяжение и изгиб для соединений на прямоугольные шипы, полученные холодным торцовым прессованием.

Разработана промышленная технология изготовления шипового соединения с помощью холодного торцового прессования. Реализация методики системного проектирования техпроцесса изготовления прямоугольного шипового соединения рассмотрена на примере производства дверной филенки [8].

По результатам дифференциальной оценки качества [10], уровень качества шипового соединения на прямоугольный прессованный шип составляет $Y_{к\text{ пшс}}=0,65$, соединения на зубчатый фрезерованный шип - $Y_{к\text{ зшс}}=0,49$. Соединение на прессованный шип по совокупности свойств не уступает уровню качества аналога. Выбор наиболее эффективного варианта технологического процесса и оснастки осуществляется с учетом производственных условий предприятия по технико-экономическим показателям (в частности, себестоимость обработки и безопасность труда). По результатам оценки [10], наиболее эффективным вариантом является использование горизонтального прессы с гидроприводом. Прессование статическое, обжим - двухсторонний, в плоскости шва сращивания.

Основные результаты работы и выводы.

1) Разработана методика системного подхода к проектированию шиповых соединений деревянных деталей и технологических процессов их прессования, состоящая из трех этапов: проектирование шиповых соединений и выбор наиболее привлекательного по качеству, разработка технологических процессов и выбор наиболее привлека-

тельного по себестоимости, проектирование технологической оснастки и выбор наиболее привлекательной.

2) Разработан комплекс методического обеспечения, включающий классификаторы шиповых соединений и технологических процессов прессования шипов, систему показателей для оценки привлекательности шиповых соединений и технологических процессов их изготовления, модели расчета показателей качества шиповых соединений и показателей затрат на изготовление соединения, а также методики выбора наиболее привлекательных конструкций шиповых соединений и техпроцессов их изготовления.

Результаты научно-исследовательской работы рекомендуются для проектирования шиповых соединений и разработки технологических процессов их изготовления на малых предприятиях.

Библиографический список

1. Гончаров, Н. А. Технология изделий из древесины: учеб. для вузов / Н. А. Гончаров, В. Ю. Башинский, Б. М. Буглай. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Лесная промышленность, 1990. - 525 с.
2. Рублева, О. А. Замена фрезерования в операции формирования шипов при сращивании древесных заготовок по длине на обработку давлением / О. А. Рублева, А. О. Россинский // Ежегодная региональная научно-техническая конференция ВятГТУ "Наука – производство – технология – экология". – Киров, Изд-во ВятГТУ. – 2000. – Т. 3. – С. 103.
3. Рублева, О. А. Методика системного проектирования технологических процессов прессования шиповых соединений / Г. П. Кузнецов, О. А. Рублева. - // Сборник материалов Всероссийской ежегодной научно-технической конференции "Наука - производство - технология - экология". – Киров, Изд-во ВятГУ. - Киров, 2008. - Т. 4: ФАМ, ФСА. - С.150-151.
4. Хухрянский П.Н. Прессование древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1964. - 352 с.
5. Спиридонов, А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / А.А. Спиридонов. – М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.
6. Рублева, О. А. Экспериментальное исследование качества шипов, изготовленных холодным торцовым прессованием / Г. П. Кузнецов, О. А. Рублева. // Сборник материалов Всероссийской ежегодной научно-технической конференции "Наука - производство - технология - экология". – Киров, Изд-во ВятГУ. - Киров, 2010. - Т. 4: ФАМ, ФСА. - С. 150-152.
7. Рублева, О. А. Экспериментальное исследование прочности шиповых соединений, изготовленных холодным торцовым прессованием / Г. П. Кузнецов, О. А. Рублева. // Сборник материалов Всероссийской ежегодной научно-технической конференции "Наука - производство - технология - экология". – Киров, Изд-во ВятГУ. - Киров, 2010. - Т. 4: ФАМ, ФСА. - С.153-155.
8. Рублева, О. А. Методика проектирования технологического процесса изготовления прямоугольного шипового соединения способом прессования / О. А. Рублева // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы международной научно-технической конференции. – Вологда: ВоГТУ, 2008. – С. 67–69.
9. Управление качеством продукции. Справочник / под. ред. В.В. Бойцова и А.В. Гличева. – М.: Издательство стандартов, 1985. - 464 с.
10. Федюкин, В.К. Основы квалиметрии. Управление качеством продукции: Учеб. пособие / В.К. Федюкин. – М.: Филинь, 2004. – 296 с.
11. Фрейдин, А.С. Прогнозирование свойств клеевых соединений древесины / А.С. Фрейдин, К.Т. Вуба. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 224 с.

Савельев В.В. (ТГСХА, г. Тюмень),
Левинский Ю.Б. (УГЛТУ, г. Екатеринбург)

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ
КЛЕЕННЫХ АРМИРОВАННЫХ БАЛОК С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ
ГНУТЬЕМ ДРЕВЕСИНЫ**
RESEARCHING BOND REINFORCED GLULAM

Исследователями отмечается, что качество профилирования древесины методом гнутья в основном зависит от сечения заготовок, пластификации материала, величины и направления прилагаемой нагрузки. При этом оценкой получаемого профиля заготовок является относительная величина стрелы их прогиба (показатель сохраненной изогнутости) [1, 2].

Экспериментальные исследования по изучению процесса пластификации древесины сосны, березы и осины проводились на образцах с радиальным направлением волокон и при различных условиях тепловой обработки деталей. Подтверждено, что наибольшая податливость древесины гнутью достигается при ее гидротермической обработке и кратковременной выдержки в высокочастотных полях (СВЧ и ТВЧ). Последующее за этой процедурой гнутье показало, что предельная величина остаточного прогиба (стрела прогиба f_k) предварительно пластифицированных заготовок существенно изменяется в зависимости от породы древесины и вида их обработки (табл.1).

Таблица 1 – Характеристики пластификации и гнутья древесины

Порода древесины	Продолжительность тепловой обработки древесины, мин.							
	СВЧ и ТВЧ				кипячение в воде ($t = +92^0\text{C}$)			
	5	8	11	14	15	30	45	60
	Величина стрелы прогиба конечная (f_k), мм							
Сосна	2,5	3,6	4,8	5,7	3,0	4,2	6,7	7,5
Береза	2,8	3,9	4,9	6,1	3,2	5,7	7,1	8,0
Осина	2,4	3,4	4,5	5,6	2,9	4,6	6,4	7,3

Примечание: 1. Размеры экспериментальных образцов радиальной распиловки 20x50x250мм.

Отмечается также, что динамика нарастания пластичности древесины имеет нелинейный характер и незначительно зависит от породы древесины. Для исследуемых способов тепловой пластификации установлено, что сухой прогрев образцов в поле токов высокой частоты (СВЧ, ТВЧ) оказывается более эффективным по затратам времени. Для сосны фиксированный средний прогиб (f_k) за 14 минут составляет 5,7мм (4,2мм - при тридцатиминутном кипячении заготовок). Для древесины березы и осины разница в показателях (f_k) менее очевидна и не превышает 7...17%. Проведены лабораторные наблюдения за релаксацией внутренних напряжений изогнутых сосновых образцов после снятия с них прессовой нагрузки и свободной выдержки в течение 45 суток (табл.2). Они показали, что величина (f_k) радиальной древесины, обработанной в ТВЧ и СВЧ, за первые 10 суток не изменилась (5,7мм), но затем (на 15-е сутки)

уменьшилась на 10% , а по истечению 45 суток остаточный прогиб составил около половины начального.

Таблица 2 – Динамика релаксации гнутых образцов сосны

Направление волокон	Остаточная деформация изогнутых модельных балок при обработке заготовок в среде (ТВЧ и СВЧ / кипячение в воде)							
	Величина прогиба (f_k) образцов при выдержке в течение суток							
	1	5	10	15	20	25	30	45
R	5,7/7,5	5,7/7,4	5,6/7,0	5,0/6,3	4,5/5,2	3,6/4,4	2,7/3,3	2,1/3,1
tg	5,5/7,4	2,6/7,1	2,1/6,6	3,4/5,5	4,2/4,3	5,0/4,5	4,3/3,6	3,2/2,2

Примечание: размеры экспериментальных образцов 20x50x250мм,

На основании полученных результатов отмечается, что сосновая древесина радиальной распиловки релаксирует более плавно, чем тангентальная. Это подтверждает ее пригодность для использования в качестве исходного материала при получении изогнутых заготовок.

Для оценки стабильности профиля балок арочного типа проведено исследование с использованием предварительно изогнутых сосновых заготовок толщиной 20мм с радиальным направлением волокон, имеющих физико-механические показатели, представленные в табл.3.

Таблица 3 – Физико-механические показатели профилированных образцов из сосны

Образцы древесины R/tg		Значение показателей модифицированных образцов древесины						Радиус гнутья, R, м
Пластевая твердость Н/мм ²	Показатель стабильности гнутья, (Δf)	радиальных			тангенциальных			
		E, ГПа	\square , %	G, МПа	E, ГПа	\square , %	G МПа	
105/108	0,35/0,4	7,7	1	42,7	9,4	0,95	45,0	0,6

Примечания: относительная твердость определена по шкале (НВ) твердомера ТЭМП-2

За счет предварительной пластификации древесины и поперечной упрессовки ее структуры при гнутье пластевая твердость возрастает незначительно (от 1,5 до 7%). Следовательно, упрочняющего эффекта этот параметр не показывает, а стабилизация изогнутости заготовок гарантируется другими изменениями древесины, например, кинетикой ее напряженно-деформированного состояния.

Из обычных и предварительно изогнутых заготовок были получены экспериментальные модели трехслойных гнутоклееных балок двух типов - *БПГ* и *ПГ*. Склеивание проведено в специальном зажимном устройстве, обеспечивающем получение заданного радиуса кривизны (см. рис.). Предварительное гнутье каждой заготовки выполнено в специальном гнутарном устройстве.

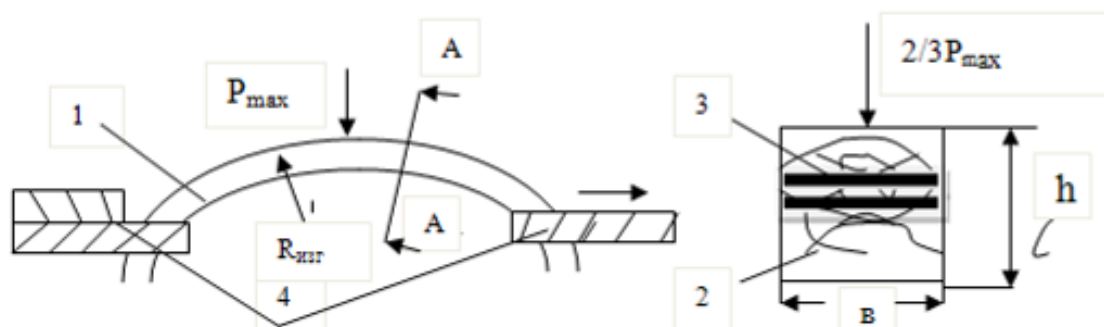


Рисунок - Схема получения экспериментальных изогнутых балок:
 1 – гнутоклееный элемент конструкции из трех предварительно изогнутых заготовок; 2-заготовка из сосны; 3-клеевое соединение; 4- опорно-зажимное устройство

Таблица 4 – Физико-механические показатели образцов гнутоклееных трехслойных балок из сосновых заготовок

Оценочные показатели								Радиус гнутья $R_{\text{гнр}}/R_{\text{нгг}}, \text{м}$
Характеристика образцов		Показатели прочности для балок из						
Твердость $\text{Н}/\text{мм}^2$	Стрела прогиба (БПГ/ПГ), мм		прямых заготовок		Прогиб (f_p), мм при нагрузке $0,8P_{\text{max}}$ (БПГ) (ПГ)	изогнутых заготовок		
	f_0 мм	$f_{24\text{м}}$ мм	P_{max}/G , МПа	E , МПа		P_{max}/G , МПа	E , МПа	
$\frac{154}{165}$	5/4	4,5/3,7	$\frac{87,1}{43,6}$	11,2	2/4	$\frac{83,8}{44,6}$	12,0	$\frac{1,0}{1,1}$

Примечание: 1. (БПГ/ПГ) - без предварительного и с предварительным гнутьем;
 2. f_0, f_{24}, f_p – прогибы: предварительный начальный; со свободной выдержкой (24 месяца); при нагрузке ($0,8P_{\text{max}}$).

У гнутоклееных образцов после их двухлетней свободной выдержки прогиб ($f_{24\text{м}}$) уменьшился соответственно на 9,1% и 7. Это значительно меньше тех показателей, которые характеризуют величину восстановления формы цельной древесины после ее гнутья и длительной выдержки. Следовательно, в новых балках за счет предварительного гнутья заготовок и склеивания их при минимальных внутренних напряжениях в структуре древесины, отрицательные упруго-деформационные процессы заметно угасают. Тем не менее, при длительной свободной выдержке экспериментальных клееных балок все же произошло изменение их первоначального профиля. Следовательно, в подобных конструкциях ожидаются значительные колебания внутренних напряжений, причем, именно в клеевых соединениях. Это в свою очередь снижает несущую способность конструкций и ведет к появлению дефектов в виде расслоений по клеевому соединению. Чтобы обеспечить повышенную стабильность изогнутой формы клееных балок, предложено армировать клеевые прослойки специальной тканью из углеродных волокон. Толщина армирующей ткани – 0,29мм, плотность – 1,8 г/см³, прочность на растяжение – 3800Н/мм². Эффект достигается при послойном полосовом армировании (1... 3%) наиболее напряженных зон сжатия и растяжения гнутоклееной балки (табл. 5.).

Таблица 5 – Оценочные показатели армированной углеволокном гнутоклееной балки

Номер пары образцов	Характеристика образцов		Регистрируемые и расчетные показатели экспериментальных образцов				Видимые признаки разрушения образца
	прогиб, f_{10} , мм	армирование, %	R_{max} , Н	$G_{изг}$, МПа	E , ГПа	$\sigma_{ск}$, МПа	
1	3,7	1	99,6	58,3	13,7	3,6	нет
2	3,7	2	136,1	79,6	18,4	3,4	нет
3	3,7	3	175,5	102,8	23,1	2,9	нет
4	3,7	нет	72,3	42,3	9,8	3,2	разрыв по древесине

Примечание: 1. Размеры моделей клееной изогнутой балки 40x40x250мм; клей – на основе фенолрезорциновой смолы ФРФ-50

Наблюдения за состоянием профилированной балкой в течение трех и девяти месяцев выдержки моделей показали, что при армировании конструкций их форма и кривизна стабилизируются через пять-семь дней и в дальнейшем сохраняются практически без изменений (табл. 6).

Таблица 6 – Формоустойчивость армированной гнутоклееной балки

Номер образца (армирование), %	Прогиб, f_0/f_k , мм	Сохранение формы изогнутости образцов клееной древесины, армированной углеволокном, %							
		после однократного нагружения ($2/3R_{max}$) и выдержки без нагрузки в течение, месяцев				выдержка под нагрузкой ($1/3R_{max}$) при $f_0 = 4$ мм, в течение суток			
		3	9	12	15	1	10	20	30
1 (2,5%)	6,0/5,0	100	93,3	90,2	90,0	95,1	90,0	88,2	87,5
2 (2,0%)	6,0/5,0	100	90,2	85,3	85,0	95,0	90,2	87,1	87,0
3 (1,5%)	6,0/4,5	100	80,5	78,0	78,1	84,3	82,7	80,0	79,6
4 (1,0%)	6,0/4,5	100	75,5	75,0	74,5	83,0	81,0	78,3	77,2

Примечания:

1. Размеры экспериментальных образцов - 40x40x250мм с вариантом набора заготовок по высоте сечения - (10/1-20/1-10/1), шт.;
2. f_0 , f_k – величина стрелы прогиба образца (начальная, конечная).

ВЫВОДЫ.

1. Предварительное гнутье древесины и армирование криволинейных клееных балок (от 1,0 до 3,0% содержания углеволоконной ткани в крайних клеевых прослойках) обеспечивают повышение прочности в 2-2,5раза, а также формоустойчивости и эксплуатационной надежности конструкций.

2. Стабильность заданной формы гнутоклееных балок и элементов рам обеспечивается за счет уменьшения внутренних напряжений в деревянной клееной конструкции и усиления ее высокопрочным углеволоконным материалом, не оказывающем отрицательного деформационного влияния на клеевое соединение.

Библиографический список

1. Леонтьев Н.А. Длительное сопротивление древесины. – Л.: Гослесбумиздат, 1957, 28с.
2. Уголев Б.Н. Древесиноведение. – М., МГУЛ, 2005, 340с.
3. Бойцова И.Н. Исследование технологии склеивания древесины и прогнозирования долговечности клеевых соединений /автореф. дис.канд. техн. наук. – Л.: ЛЛТА, 1981, с.21.

Семенюк М.Е. (БГТУ, г. Минск, РБ) semenyuk2584@mail.ru

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕТА ЗАГОТОВЛЕННОЙ ЛЕСОПРОДУКЦИИ ПРИ ЕЕ ПРИЕМКЕ И ОТПУСКЕ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСЕКИ *ELECTRONIC ACCOUNTING HARVESTED FOREST PRODUCTS IN CUTTING AREAS*

Лесохозяйственная отрасль Республики Беларусь накопила значительный опыт в этой области использования информационных технологий. В первую очередь продолжительное время функционирует единая отраслевая информационная система (ИСУЛХ), в рамках которой решаются различные информационные задачи, в практической деятельности лесхозов получило широкое использование геоинформационных систем (ГИС) [1].

Однако актуальной задачей для современного лесного хозяйства остается повышение точности учета ресурсов леса, скорости обработки и передачи данных при использовании новых информационных технологий.

Прежде всего, актуальность обусловлена требованиями точного, оперативного и достоверного учета заготавливаемой в процессе рубок леса древесины. Существующий механизм учета не обеспечивает требуемой оперативности в получении информации об объемах, месте и качестве заготовленной древесины. Сегодня традиционные методы сбора информации построены на принципе заполнения бумажных бланков непосредственно в полевых условиях. Далее следует ручная обработка и ввод проверенной информации в компьютеры лесничества (лесхоза). Решение проблемы может быть найдено в переходе на использование компьютерных информационных систем учета приемки и отпуска заготовленной лесопроductии в условиях лесосеки.

Основополагающими принципами работы таких систем учета является:

- ✓ получение инструмента управления, позволяющего повысить эффективность лесопроductии на предприятии;
- ✓ автоматизация поштучного, поштабельного, обезличенного способов учета лесопроductии:
- ✓ однократное внесение информации в систему, отсутствие дублирующих операций;
- ✓ автоматический расчет объема лесопроductии;
- ✓ маркировка каждой учетной единицы;

- ✓ использование средств автоматизации в полевых условиях;
- ✓ эффективная система оперативного контроля;
- ✓ интеграция автоматизированной системы с существующими системами автоматизации бухгалтерского учета предприятия;

Схема распределенного ведения электронного учета древесины между головным офисом (лесхоз), удаленными подразделениями (лесничества), пунктами приема-отпуска лесопродукции (лесосека, погрузочный пункт) основана на обмене электронными справочниками и документами (лесорубочные билеты, дневники приемки-отпуска лесоматериалов) между лесхозом, лесничеством и лесосекой посредством каналов связи, что полностью исключает необходимость двойной обработки этих документов и переездов в подразделения предприятия для передачи информации на обработку.

Вся необходимая информация с помощью программного обеспечения, установленного на абонентской ЭВМ позволяет пользователю помимо основных функций (формирование рапортов о движении продукции, составление наряд-актов на заготовленную лесопродукцию, формирование книги учета лесопродукции, списание ГСМ, формирование отчетов по учету лесопродукции) осуществлять фрагментацию и архивацию данных в единую базу и передавать их в электронном виде из лесничества в лесхоз. Частота и режим обновления передаваемой информации устанавливаются пользователями. Специалисты лесхоза имеют возможность видеть всю первичную информацию о заготовленной и реализации лесопродукции на момент ее последнего обновления [2].

В программное обеспечение, установленное на ЭВМ лесхоза, вносятся новые или, при необходимости, корректируются ранее выписанные лесорубочные билеты. Далее эти данные передаются с использованием каналов связи в лесничество. Из компьютера лесничества в карманный персональный компьютер (КПК) передаются необходимые реквизиты по лесорубочным билетам и справочная информация.

В этом случае приемка древесины в условиях лесосеки ведется с использованием программно-аппаратного комплекса, включающего регистратор (портативный карманный компьютер, смартфон или мобильный телефон) и пакет программ, позволяющих оперативно вводить данные, автоматически производить расчет и формировать базы данных по объемам принятой и отгруженной древесины в электронном виде.

Рассмотрим более подробно алгоритм выполнения учетных операций при приемке и отпуске заготовленных лесоматериалов, обработки и передачи информации, выполняемых с помощью системы электронного учета древесины.

На рисунке 1 представлена общая блок-схема приемки древесины в лесу.

Согласно схеме учетные операции в лесу начинаются с ввода данных в КПК (создания нового документа в дневнике приемки древесины). На первом этапе производится заполнение шапки нового документа, путем выбора мастером из выпадающего списка номера обхода, номера квартала, выдела, лесосеки, вида рубки выполняемой на данном участке и лесорубочного билета, на основании которого будут проводиться лесосечные работы. По окончании формирования шапки нового документа, работник леса проверяет реквизиты нового документа и сохраняет его в памяти КПК.

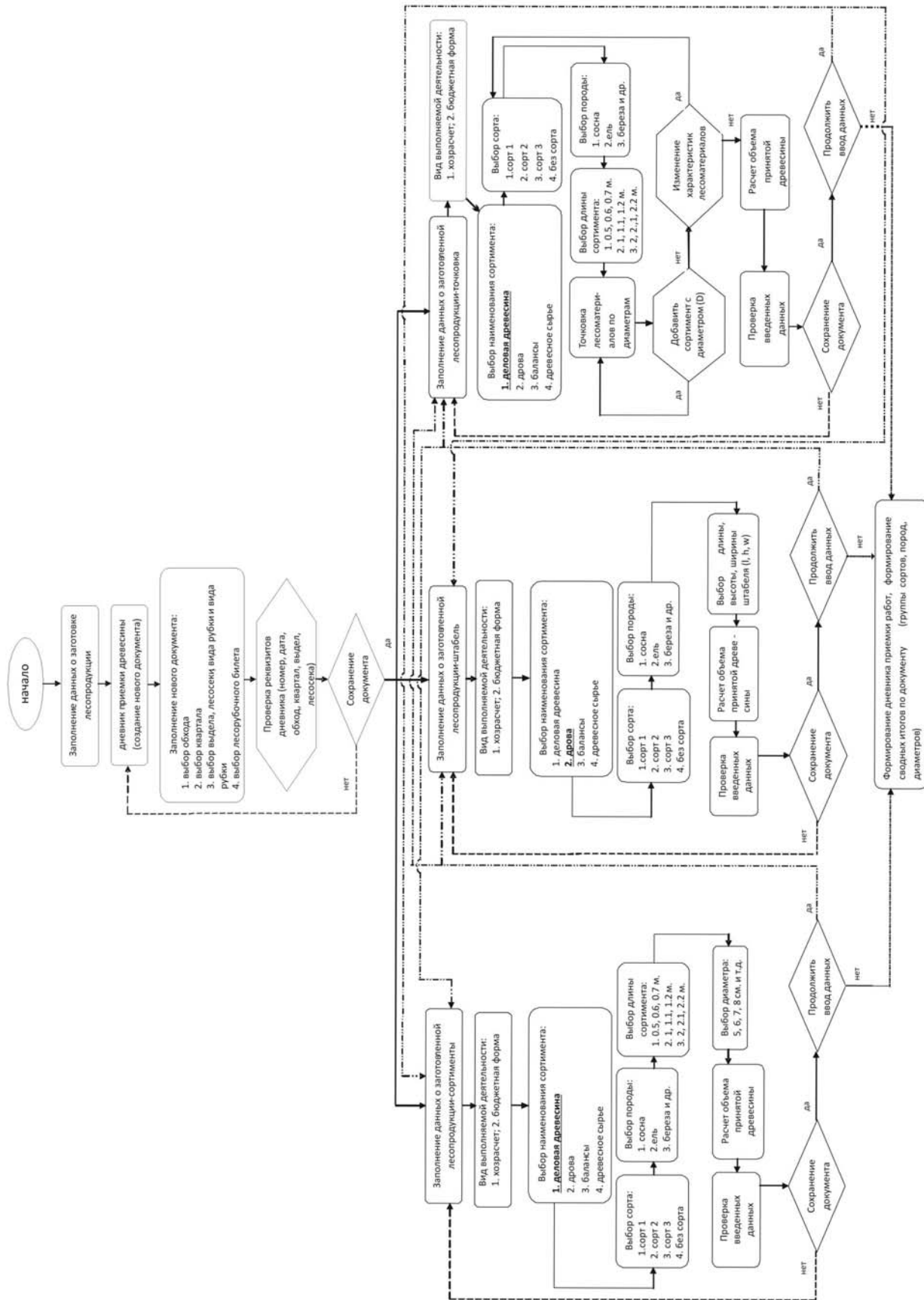


Рисунок 1 – Блок-схема приемки древесины в лесу

На втором этапе производится заполнение табличной части дневника приемки древесины. Программное обеспечение, установленное в КПК позволяет обеспечить различные алгоритмы заполнения данных о заготовленной лесопродукции из расчета ее дальнейшего назначения. Так, в зависимости от наименования лесопродукции (деловая древесина, балансы, дровяная древесина, прочая продукция) мастером производится выбор алгоритма ввода данных из общего списка.

В системе электронного учета заготовленной лесопродукции реализован способ обезличенного учета лесоматериалов, поштучного учета подсортированных по наименованию, сорту, породе, длине и диаметру лесоматериалов и поштабельного учета для балансовой древесины и дров. Все элементы системы информационно взаимосвязаны, что обеспечивает высокую эффективность ее работы при одновременном учете различного наименования лесопродукции находящейся в одном месте складирования.

На рисунке 2 представлено окно интерфейсного меню электронного дневника приемки лесопродукции при обезличенном способе учета.

При выборе пользователем способа обезличенного учета лесопродукции на дисплее КПК появляется окно, где указаны все необходимые характеристики лесоматериалов (сорт, наименование сортимента, порода, длина) и таблица ступеней диаметров лесоматериалов. В этом случае производится поштучный учет каждого сортимента находящегося в штабеле, с визуальным определением сорта, выбором наименования лесоматериала, его породы и измерением длины и диаметра. Точковка лесоматериалов производится путем выбора значения измеренного диаметра бревна по таблице ступеней диаметров. Таким образом, производится учет всех сортиментов находящихся в штабеле.

Такая электронная форма окна при обезличенном учете позволяет пользователю оперативно изменять характеристики каждого сортимента, что ведет к улучшению эргономических условий работы, сокращает время и трудоемкость выполнения учетных операций.

По окончании выполнения учетных работ на дисплей выводится таблица сводных данных учтенной лесопродукции с указанием ее количества породы, сорта, длины, диаметра и рассчитанного объема по каждому лесоматериалу и штабеля в целом. В дальнейшем мастером проводится проверка всех введенных данных и сохранение документа в памяти КПК.

Без сорта	Сорт 1	Сорт 2	Сорт 3						
Сортимент: ДЕЛОВАЯ ДРЕВЕСИНА									
Порода: сосна		Длина: 6,60							
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
63	64	65	66	67	68	69	70		
Отмена				Далее					
Навигация				Действия					

Рисунок 2 – Окно интерфейсного меню электронного дневника приемки лесопродукции при обезличенном учете

Без изменения шапки электронного документа пользователь имеет возможность продолжить ввод данных следующего штабеля лесоматериалов, выбрав необходимый алгоритм и методику учета.

При поштучном учете подсортированных лесоматериалов по назначению, сорту, породе, геометрическим размерам алгоритм проведения учетных работ имеет некоторые отличия от ранее представленного. На первом этапе также производится заполнение реквизитов шапки нового документа в дневнике приемки древесины. Заполнение табличной формы подразумевает под собой алгоритм, согласно которому пользователь в поочередно всплывающих окнах электронного документа вводит данные по виду выполняемой деятельности, наименованию сортимента, сорта, длине и диаметру, характерных для всех лесоматериалов находящихся в штабеле. В последнем окне электронного документа указывается общее количество измеренных сортиментов.

В системе электронного учета отпуск древесины ведется с использованием того же карманного персонального компьютера мастером в местах складирования заготовленной продукции (погрузочный пункт, склад примыкающий к дорогам общего пользования). Учет отпускной древесины может быть выполнен до или после погрузки ее на лесовозный транспорт. На начальном этапе уточняются запасы принятой древесины. Мастер просматривает информацию, сохраненную в памяти КПК об объемах принятой древесины уже стрелеванной к месту ее складирования и отгрузки.

При получении разрешения на отпуск древесины потребителю мастером проводится заполнение данных в электронном дневнике отпуска лесопродукции (рисунок 3). В шапке нового документа дневника отпуска лесопродукции выбираются обход, квартал, выдел, указываются вид рубки и вид выполняемой деятельности. По окончании формирования шапки нового документа, проводится проверка реквизитов нового документа и его сохранение.

Заполнение табличной части документа начинается с занесения данных о покупателе древесины, дате отпуска древесины, номере транспортного средства выполняющего вывозку.

В системе электронного учета отпускаемой лесопродукции как при ее приемке в зависимости от вида и наименования отгружаемой древесины реализован метод обезличенного, поштучного и поштабельного учета лесопродукции.

Учет дровяной древесины и балансов ведется после погрузки ее на лесовозный транспорт путем обмера габаритов и высоты воза. В КПК заносятся данные о породе древесины, геометрическим размерам воза.

При учете отпускаемой деловой древесины пользователь КПК вносит данные о ее наименовании, породе, геометрическим размерам каждого отпускаемого сортимента. Расчет объемов отпущенной древесины по всем видам лесоматериалов в КПК выполняются автоматически.

Непосредственно при учете лесоматериалов с помощью маркиратора и пластиковых бирок либо самоклеющихся этикеток производится маркировка отпускаемой древесины.

Деловые лесоматериалы маркируются каждый индивидуально, дровяная древесина и балансы маркируется поштабельно. Каждому сортименту или штабелю древесины присваивается идентификационный код (штрихкод).



Рисунок 3 – Общая блок-схема отпуски древесины в лесу

Идентификационный код несет в себе информацию о лесничестве, квартале, выделе, где производилась заготовка древесины и порядковый номер сортимента или штабеля. С внесением данных замеров по оприходованной лесопроизводке в КПК указывается номер бирки присвоенной каждому сортименту и штабелю дров или балансов.

Одной из особенностей функционирования системы электронного учета является возможность автоматического учета объемов остатков древесины по каждому наименованию лесоматериалов оставшихся на погрузочной площадке после вывозки за отчетный период (день, неделя). Это дает возможность с учетом автоматически рассчитанных остатков древесины по каждому месту складирования производить корректи-

ровку при дальнейшем планировании и формировании заданий по вывозке заготовленной древесины.

По окончании работ по учету принятой или отпущенной лесопродукции по одному из мест складирования мастером с помощью КПК формируется электронный дневник приемки-отпуска лесоматериалов. Сформированный электронный документ хранится в памяти КПК, в названии которого в виде алгоритмических символов указываются вид рубки и местоположение заготовленных лесоматериалов (квартал, выдел в которых велись лесосечные работы). Программный комплекс хранит все введенные в него данные за любой период работы. Поиск документа за любой прошлый период осуществляется по любому из реквизитов документа (дата, номер квартала и т.д.).

По мере необходимости сформированный дневник приемки-отпуска лесопродукции имеющий единый формат документооборота и бухгалтерского учета для всего предприятия по средствам GPRS/EDGE модема, встроенного в КПК подключенного к сотовой мобильной связи работник леса передает в виде электронного сообщения информацию в лесничество.

Автоматизация процесса выдачи товаросопроводительной документации на отпуск древесины в полевых условиях в рамках функционирования системы электронного учета древесины на данном этапе не получила широкого распространения, так как в соответствие с требованиями инструкций движение лесопродукции возможно лишь при товаросопроводительной документацией единого образца.

Программное обеспечение, установленное на ЭВМ лесничества позволяет хранить и обрабатывать всю справочную информацию, необходимую для контроля ввода первичных документов.

Справочные данные и первичные документы заполняются пользователями на рабочих местах. В целях безопасности сохранности и достоверности данных, на мобильных рабочих местах разрешено заполнять только «Дневники приемки-отпуска лесопродукции».

Электронные дневники приемки-отпуска лесопродукции являются отправными документами для дальнейшей обработки в автоматизированной системе бухгалтерского учета лесничества. На их основе в конторе лесничества формируются наряд акты на лесозаготовку, расходные накладные, ведомости движения лесопродукции, книги учета лесопродукции, журналы реализации продукции.

Как видно из приведенного описания процесс электронного учета древесины целиком основывается на электронном документообороте. Его основу составляет программное обеспечение позволяющее контролировать этапы движения древесины, где вся учетная информация передается в электронном виде. Немаловажным результатом работы системы является значительное сокращение бумажного документооборота и различных видов отчетности между производственными подразделениями предприятия.

Библиографический список

1. Информационная система управления лесным хозяйством: пояснительная записка: в 2 ч. Ч.1.: Принципы построения / Государственное лесохозяйственное производственное объединение «Белгослес», Государственное научно-производственное

объединение «Агат»; технический руководитель работ А.П. Кулагин.–Минск:[б.и.], 1997. – 192 с.

2. Внедрение системы приемки, учета и контроля движения готовой лесопро-дукции с применением компьютеров и регистраторов: отчет / ГЛХУ «Волковыский лесхоз»; исп. А.М. Божко. – Волковыск, 2006. – 27 с.

Стенина Е.И., Веселов А.С. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СУШКИ НА ПРОПИТЫВАЕМОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ

DRYING PARAMETERS INFLUENCE ON WOOD PENETRATION

В настоящее время в нашей стране все большую популярность приобретает идея экожилища, основным приложением которой является возведение домов из натуральных материалов с широким использованием древесины. Однако у этого столь ценного материала есть свои недостатки: горючесть, низкая стойкость к биоразрушению, что делает вопросы защиты деревянных конструкций весьма актуальными.

В связи с тем, что защитная обработка должна являться заключительным этапом после выполнения всех технологических операций, а значит, сушки, вызывает интерес вопрос влияния особенностей проведения последней на пропитываемость древесины.

Сушка – одна из важнейших операций в технологическом процессе деревообработки, представляющая собой процесс удаления влаги из материала путем испарения. В промышленности используют различные способы сушки древесины, различающиеся между собой как применяемым оборудованием, так и особенностями передачи тепла высушиваемому материалу.



Рисунок 1 - Модуль "Нано"

С недавнего времени стала применяться новая технология сушки древесных материалов с использованием блока-модуля "Нано" (рис. 1), как утверждают его разработчики, предназначенного для создания переменного электрического поля сверхнизкой напряженности, направленной перпендикулярно линиям напряженности магнитного поля Земли в конкретной

точке пространства. Частота поля подобрана таким образом, что колеба-

ния диполей влаги, находящихся в древесине, попадали в циклотронный резонанс [1].

Циклотронный резонанс - явление резонансного поглощения энергии переменного электрического поля заряженной частицей, находящейся в магнитном поле. Если в плоскости перпендикулярной напряженности магнитного поля проложить переменное электрическое поле, частота которого совпадает с собственной частотой колебания частицы, то движение частицы примет резонансный характер, в результате чего уменьша-

ются силы водородных связей между молекулами и возникает резонансное поглощение тепловой энергии, что, в свою очередь, приводит к интенсификации процессов тепло-влагообмена.

На основании этого можно предположить, что интенсивное давление паровоздушной смеси внутри материала может привести как к повышению проницаемости ядровой (труднопропитываемой) древесины в результате выноса из полостей и межмикроцеллюлярных пространств стенок клеток экстрактивных и прочих веществ, так и к ее снижению из-за возможного смещения торусов в окаймленных порах клеток. С целью проверки данного предположения была выполнена серия опытов.

Для экспериментов использовались две партии опытных образцов по 25 штук, выполненные из ядровой древесины сосны. Первая партия – это образцы, высушенные до нормальной влажности 12% в обычной аэродинамической камере при стандартных режимах сушки. Вторая - образцы, высушенные до нормальной влажности 12% при помощи блока-модуля "Нано" Мягким Ускоренным Режимом (МУР-сушка). В качестве оценочных использовались показатели качества пропитки - величина поглощения антисептика и глубина пропитки древесины [2].

Опытные образцы пропитывались различными способами, относящимися к группам капиллярных (вымачивание), диффузионных (нанесение паст) и под давлением (горяче-холодные ванны и вакуумно-атмосферное давление). Для обработки способом «Вакуум-атмосферное давление» использовались различные антисептики: легко-вымываемый фтористый натрий (NaF) и трудновымываемый УЛТАН [3,4]. Режимы пропитки приведены в таблице:

Таблица

Способ пропитки	Антисептик	Температура раствора в ванне, °С		Давление, МПа	Продолжительность выдержки в ванне	
		холодная	горячая		холодная	горячая
вымачивание	NaF	20	-	-	60 мин	-
нанесение паст	Силикат-ная паста	-	-	-	30 дней	-
ГХВ	NaF	20	90	-	30 мин	30 мин
ВАД	NaF	20	-	0,08	15 мин/ 45 мин*	-
ВАД	УЛТАН	20	-	0,08	15 мин/ 45 мин*	-

Примечание: * в числителе указании время выдержки под вакуумом, в знаменателе – при атмосферном давлении.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. МУР-сушка оказывает однозначно положительный эффект на пропитываемость древесины (рис. 3).
2. Величина поглощения древесиной, высушенной с применением циклотронного резонанса, возрастает в 2...4 раза в зависимости от применяемого способа пропитки и защитного средства, причем необходимо учитывать, что вводились водные растворы препаратов, внедрение которых в древесину затруднительно.

3. Глубина проникновения препаратов в древесину после МУР-сушки также увеличивается в 1,2...2,6 раз. Легко диффундирующий фтористый натрий значительно заглобляется нежели УЛТАН, заглобление которого проходит одновременно с протекающими реакциями взаимодействия с лигнином и другими веществами древесины.

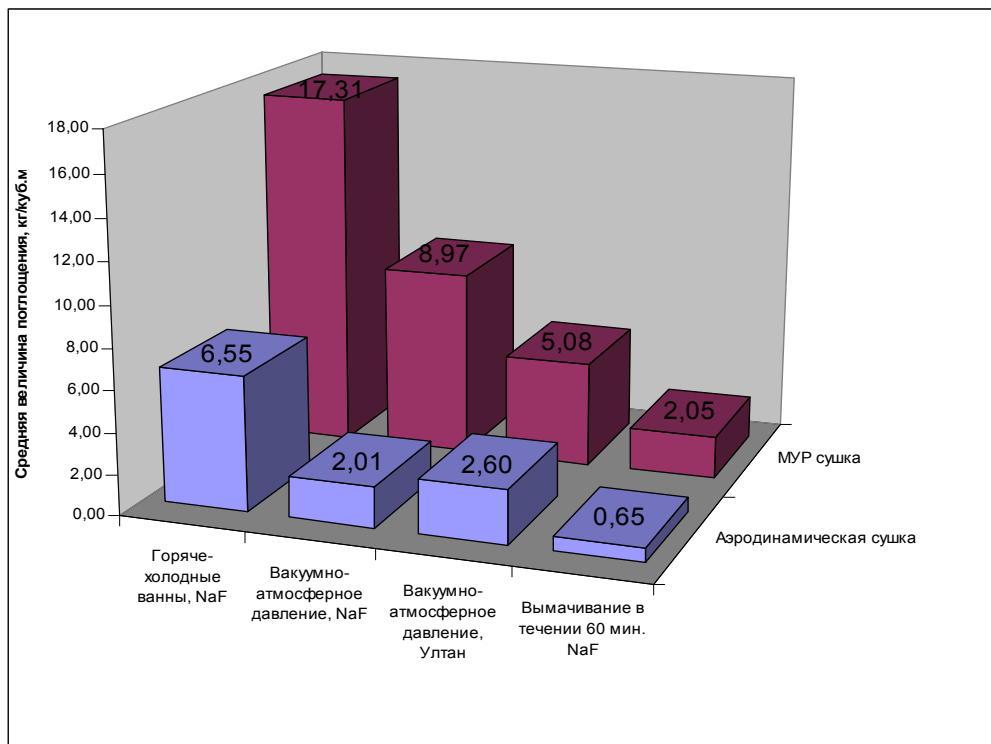


Рисунок 2 - Диаграммы величины поглощения антисептиков при различных способах пропитки в зависимости от допропиточной сушки древесины

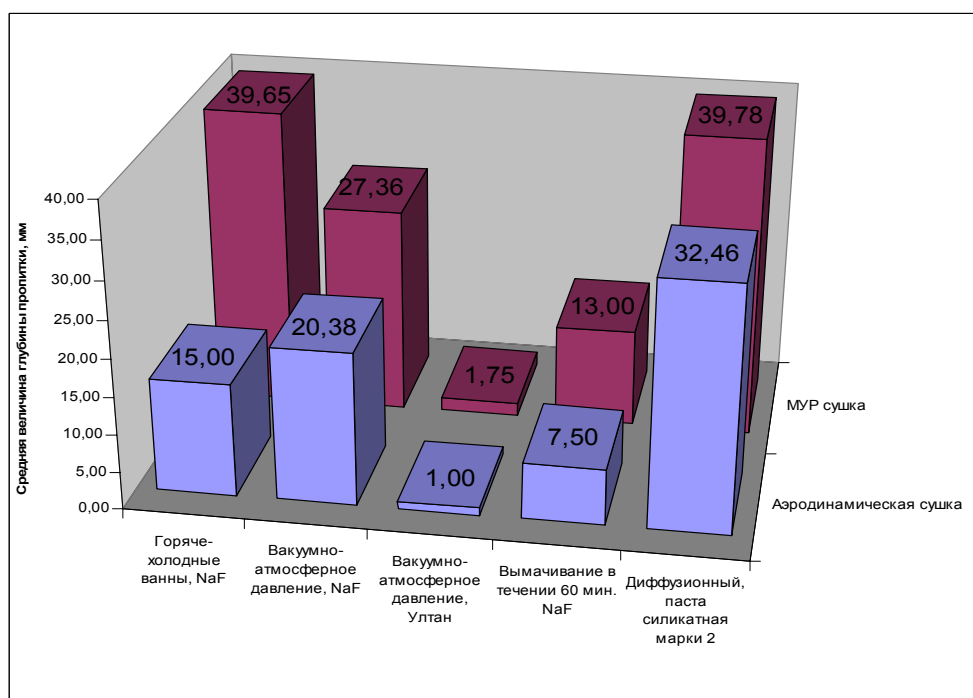


Рисунок 3 - Диаграммы глубины проникновения антисептиков при различных способах пропитки в зависимости от допропиточной сушки древесины

В заключении можно сделать вывод о том, что особенности проведения сушки древесины сказываются на проницаемости последней. В частности использование циклотронного резонанса приводит к существенному повышению величины поглощения жидкостей и глубины их проникновения в древесину. Данное обстоятельство необходимо учитывать не только при осуществлении процессов защитной обработки, но и склеивания, а также отделки древесных материалов, т.к. оно способно привести не только к положительным моментам (например, увеличению срока службы деталей), но и отрицательным (перерасход материалов, снижение адгезии ЛКП, прочности клеевых швов).

Библиографический список

1. Кошкин, А.В. Magic – достойный конкурент на рынке энергоэффективных сушильных камер [Текст] / А.В. Кошкин, Д.С. Стрижаков, Д.Г. Корнилов// Екатеринбург, Лесной Урал, 2008г.№4.
2. ГОСТ 20022.2 - 93. Защита древесины. Параметры защищенности.
3. ГОСТ 20022.6 – 93 Защита древесины. Способы пропитки.
4. ГОСТ 20022.7 – 82 Защита древесины. Автоклавная пропитка водорастворимыми защитными средствами под давлением.
5. ЕЖЕ: все ежедневные и еженедельные обзоры русского Интернета//www.ezhe.com

Стенина Е.И., Чиканцев П.С. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОПИТКИ МАССИВНОЙ ДРЕВЕСИНЫ В АВТОКЛАВАХ *INTENSIFICATION OF PENETRATING SOLID WOOD IN AUTOCLAVE*

Современный мировой опыт обработки древесины показывает перспективность применения трудновываемых водорастворимых препаратов на основе мышьяка для биозащиты древесины, эксплуатирующейся в жестких условиях постоянного или периодического интенсивного увлажнения. Применение данных антисептиков сопряжено с рядом технологических трудностей, основными из которых являются исключение нагрева рабочих растворов и сокращение продолжительности контакта древесины с ними до одного часа. Эти обстоятельства обуславливают необходимость поиска путей интенсификации процесса глубокого насыщения древесины водными растворами этих препаратов.

С учетом соблюдения вышеперечисленных требований для введения в древесину рабочих растворов препаратов целесообразно применять пропитку в автоклавах способом «Вакуум - атмосферное давление» (ВАД), который обладает рядом преимуществ: является организационно и технически несложным, низкоэнергоёмким, обеспечивает необходимое качество обработки. График режима пропитки данным способом приведен на рис. 1.

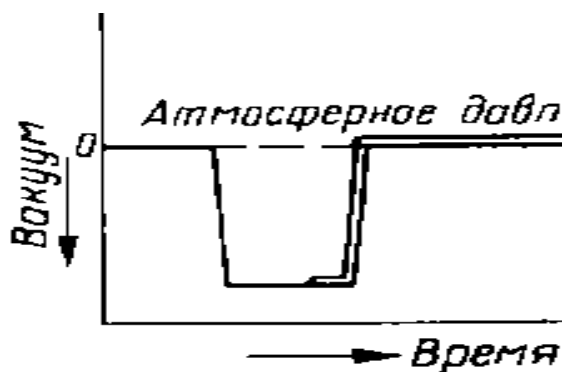


Рисунок 1 – График режима пропитки по способу ВАД

На первой стадии создается воздушное разрежение, во время которого происходит удаление воздуха из полостей клеток древесины. Затем в автоклав подается пропиточный раствор. После некоторой выдержки, вакуум снимается. При атмосферном давлении происходит непосредственно пропитка древесины.

Пиленые сортименты, полученные из сосны, представляют собой, как правило, труднопропитываемые зоны, обусловленные наличием ядровой древесины. «Теория экстрактивных веществ», предложенная В.А. Баженовым и В.Е. Москалевой и всесторонне разработанная Е.В. Харук [1], объясняет снижение проницаемости ядровой древесины закупоркой экстрактивными веществами капиллярной системы и в том числе маргинальной зоны окаймленных пор (рис. 2).

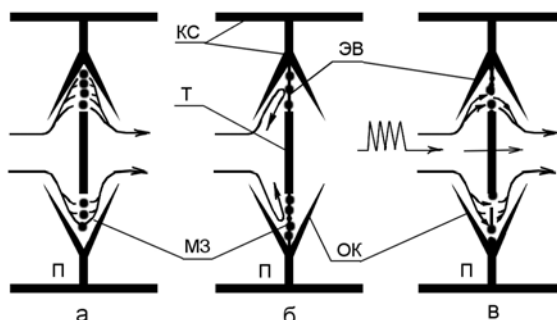


Рисунок 2 – Схема прохождения веществ через окаймленную пору: а – в заболонной древесине; б – в ядровой древесине; в – в ядровой древесине после воздействий, увеличивающих ее проницаемость: П – полость лучевой трахеиды; Т – торус; МЗ – маргинальная зона; ОК – окаймление; ЭВ – экстрактивные вещества; КС – клеточные стенки.

Исследования аксиальной проводимости хвойных пород, выполненные Бр. Хубером и В. Верцем, подтверждают предположение о большей эффективности воздействия невысоким гидродавлением на окаймленные поры трахеид. Так при значении градиента выше 0,05 МПа/м проводимость падает до 1...2% от начальной величины из-за отклонения торусов и перекрытия пор [2]. Данное предположение подтверждают в своей работе В.И. Пятакин, Ю.Г. Тишин и С.М. Базаров: «При низких давлениях процесс переброски торуса протекает столь медленно, что проводимость в течение часа не меняется (до тех пор, пока торус не ляжет на противоположную сторону поры)». На основании этого утверждения авторами делается вывод о том, что «перемещение торуса увеличивается с ростом градиента давления и отсутствует при естественном сокодвижении» [3]. С целью сохранения гидропроницаемости ядровой древесины и

заглубления фронта пропиточной жидкости целесообразно использовать непродолжительное воздействие переменным гидродавлением небольшой величины.

Как показали ранее проведенные исследования, импульсно создаваемый вакуум в режиме пропитки увеличивает в 2 раза поглощение древесиной водного раствора препарата [4]. Основываясь на этом, представляет интерес исследование влияния многоциклических импульсных воздействий разрежением на процесс пропитки с целью интенсификации процесса.

Данный вид обработки древесных материалов возможно осуществить в установке для пропитки пористых тел (патент РФ № 2011511), разработанной в УЛТИ, конструкционные особенности которой позволяют практически мгновенно (за несколько секунд) создать в заполненной автоклаве достаточно глубокий вакуум (0,09 МПа) [5]. Импульсно создаваемый вакуум принудит удаляемый из полостей клеток воздух стать той пробивной силой, которая удалит экстрактивные вещества из маргинальных зон окаймленных пор ядровой древесины, повысив тем самым их проницаемость.

Таким образом, целью работы являлось усовершенствование способа ВАД для пропитки хвойных пиломатериалов водным раствором мышьяксодержащего антисептика. Для этой цели необходимо было решить следующие задачи:

- Определение влияния многоциклических импульсных воздействий на пропитываемость древесины.
- Установить характер влияния основных режимных параметров процесса на качество пропитки древесины биоцидом группы ССА.
- Разработать математическую модель процесса импрегнирования древесины под воздействием импульсным градиентом давления.

Эксперимент проводился согласно ДФП 2³⁻¹. Постоянные и переменные факторы эксперимента и кодирование факторов приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Постоянные и переменные факторы эксперимента

Факторы	Значения
Постоянные факторы эксперимента	
Количество образцов, шт.	20
Порода древесины	сосна
Влажность древесины, %	8...12
Температура окружающей среды, °С	20±2
Способ пропитки	ВАД
Величина вакуума, МПа	0,08
Продолжительность создания вакуума, сек	10
Переменные факторы эксперимента	
Количество циклов вакуумирования, шт.	1; 5
Длительность выдержки под вакуумом, мин	10; 20
Длительность выдержки при атмосферном давлении, мин	10; 30

Таблица 2 – Кодирование факторов

Уровни факторов	Код фактора	Натуральные значения		
		Количество циклов, шт., X_1	Длительность выдержки под вакуумом, мин., X_2	Длительность выдержки при атмосферном давлении, мин., X_3
Верхний	+1	5	20	30
Нижний	-1	1	10	10
Основной	0	3	15	20
Интервал	Δ	2	5	10

В результате проведенных экспериментов было получено следующее уравнение регрессии:

в нормализованном виде - $y=3,33+1,27x_1-0,48x_2-0,22x_3$;

в натуральном виде – $y=3,305+0,635x_1+0,096x_2+0,022x_3$;

где x_1 – количество циклов вакуумирования, шт.;

x_2 – длительность выдержки под вакуумом, мин.;

x_3 – длительность выдержки при атмосферном давлении, мин.

Из приведенного уравнения видно, что предлагаемый способ пропитки в среднем обеспечивает поглощение $3,33 \text{ кг/м}^3$. Количество циклов вакуумирования оказывает прямое значимое влияние на процесс пропитки, время выдержки при разрежении и атмосферном давлении оказывают обратное незначимое влияние на насыщение древесины защитным препаратом.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод о том, что предложенный способ пропитки, основанный на многоциклических импульсных воздействиях позволяет существенно сократить продолжительность процесса импрегнирования, а также обеспечить достаточно высокое качество обработки древесины.

Библиографический список

1. Харук, Е.В. Проницаемость древесины газами и жидкостями [Текст]: моногр. дис. ... докт. биол. наук. /Е.В. Харук// Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1976. 190 с.
2. Huber, Br. Uber die bedeutung des hoftuhfelverschlusses fur die axiale wasserleit-fahigkeit von nadelholzern. [Текст] / Br. Huber, W. Werz// Planta, Bd 51.-S. 645-659.-S. 660-672. 1958. Eingegangenam 20. Marz.
3. Пятякин, В.И. Техническая гидродинамика древесины [Текст] /В.И. Пятякин, Ю.Г. Тишин, С.М. Базаров// М.: Лес. пром-ть, 1990. 304 с.
4. Стенина Е.И. Усовершенствование процесса пропитки антисептиком УЛТАН [Текст]/Д.А. Беленков, Ю.Б. Левинский, Е.И. Стенина// Лесной вестник, 2007 г, № 8, с. 174-177.
5. ЕЖЕ: все ежедневные и еженедельные обозрения русского Интернета//www.ezhe.com.

Тимо Толонен, Тимо Карьялайнен, Герасимов Ю., Соколов А.

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЗАГОТОВКИ ДРЕВЕСИНЫ ПО СОРТИМЕНТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ЛОГИСТИКИ В РОССИИ

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR CUT-TO-LENGTH WOOD HARVESTING AND LOGISTICS FOR RUSSIAN CONDITIONS

В России заготовка леса сегодня ведётся тремя методами: по технологии целыми деревьями, хлыстами и сортиментами.

Сортиментная заготовка распространяется всё шире и шире благодаря передаче технологии из скандинавских стран. Среди причин роста популярности этого метода можно назвать пригодность его для всех видов валки; меньший экологический ущерб; получение более чистой древесины и меньшие требования к состоянию дорог и прилегающих территорий по сравнению с заготовкой целыми деревьями или хлыстами.

Сегодня в республике Карелия заготовка древесины по сортиментной технологии составляет 93%.

Внедрение сортиментного метода заготовки древесины связано с повышенным вниманием к вопросам логистики. Различные виды продукции (пиловочник, балансы и топливная древесина) с лесосек должны направляться непосредственно к нескольким потребителям.

Логистические подходы для реализации сортиментной технологии нуждаются в дальнейшем развитии. Программное обеспечение и инструментарий, разработанные в странах с большим опытом лесозаготовок по сортиментной технологии, не могут быть непосредственно использованы в российских условиях.

Геоинформационная система принятия решений

Мы представляем геоинформационную систему принятия решений для планирования и анализа операций при сортиментной заготовке древесины для логистических компаний в российских условиях. Эта работа была выполнена в рамках двух проектов:

▶ «Лесозаготовка и логистика в России – фокус на исследовательские и промышленные возможности» (“Wood harvesting and logistics in Russia – focus on research and business opportunities”), финансируемый Евросоюзом через финское агентство по финансированию технологий и инноваций (ТЕКЕС).

▶ «Создание системы планирования лесной инфраструктуры» (“Creation of planning system of forest infrastructure”), финансируемый российским агентством по науке и инновациям (РОСНАУКА).

Структура системы:

Система была сконструирована в MapInfo с использованием C++ для кодировки и Microsoft Excel для выведения отчетов.

Модуль *Данные* включает:

- Дороги и их качество
- Расположение единиц логистического менеджмента и их характеристики (т.е. лесосеки, потребители, гаражи с техникой, трелёвочные единицы и железнодорожные станции).

Модуль *Схема* включает:

- Дороги различного значения, включая пункты логистического менеджмента.

- Подмодули для управления схемой.

Модуль *Оптимальные маршруты* включает:

Поиск наилучших вариантов для транспортировки продукции, например, с наименьшими затратами или для скорейшей доставки.

Модуль *Оптимальный план доставки* включает:

- Оптимизацию ежедневной задачи для каждой транспортной единицы.
- Расписание для каждого транспортного парка, участвующего в сортиментной лесозаготовке, на данный период, включая, например, точки и время для погрузки и разгрузки и типы ассортиментов.

Модуль *Решения* включает:

Решения об оптимальных маршрутах и поставках для лесозаготовительных предприятий, работающих по сортиментному методу.

Эффективность разработанной системы принятия решений была проверена в процессе реальной лесозаготовки.

Краткосрочное планирование сроком до 1 месяца было осуществлено в республике Карелия. Для сравнения рассматривались три плана доставки, предусматривавших четыре рабочих дня при двусменной работе в день при одних и тех же условиях (4 лесосеки, 4 потребителя, 5 машин в одном гараже, маршруты и т.д.).

План 1 разработан без использования системы принятия решений, планы 2 и 3 с помощью этой системы. План 3 в отличие от второго не предусматривал возвращение машины в гараж после смены.

Сравнение краткосрочных планов доставки 1, 2 и 3.

Долгосрочное планирование сроком до 1 года было осуществлено в Ленинградской области. Для сравнения были рассмотрены три плана поставки: три различных парка техники, обслуживающие лесозаготовку по сортиментному методу, при прочих равных условиях.

План 1 предусматривал использование 7 харвестеров+форвардеров и 13 грузовиков при поддержке системы принятия решений.

План 2 предусматривал использование 7 харвестеров+форвардеров, 6 грузовиков. План 3 - 5 харвестеров+форвардеров, 6 грузовиков.

Планы были разработаны для трёх зимних месяцев при двухсменном рабочем дне, для 60 лесосек и пяти потребителей.

Сравнение долгосрочных планов поставки 1, 2 и 3, выполненный при использовании системы принятия решений.

Сортиментная заготовка древесины становится всё более обычной практикой в России. Лесозаготовительные предприятия открывают для себя всё новые и новые возможности сортиментного метода, но им не хватает знаний о логистическом потенциале при использовании этого метода. Разработанная геоинформационная система поддержки принятия решений является инструментом, помогающим лесозаготовительным компаниям принимать более оптимальные решения по организационным и логистическим возможностям сортиментного метода.

Применение этой программы позволяет:

- Повысить эффективность при внедрении сортиментной технологии;

- Снизить лесозаготовительные и транспортные издержки;
- Повысить эффективность использования парка техники.

Система поддержки принятия решений может быть использована для решения других задач. Она предоставляет отличную возможность применить на практике знания, полученные в исследовательских проектах.

Уласовец В.Г., Куцубина Е.В. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)
mod@usfeu.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ РАСКРОЯ ПИЛОВОЧНОГО СЫРЬЯ НА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕМ КОМПЛЕКСЕ "ФОРЕСТ" г. ЕКАТЕРИНБУРГ

*AVAILABLE LOG CUTTING PARTTENS WITH WOODPROCESSING
COMPLEX 'FOREST', EKATERINBURG*

Деревообрабатывающий комплекс "Форест" выпускает строганный погонаж для домостроения и ремонта. Это доски пола, обшивочные доски (вагонка, евровагонка, обшива, еврообшива), обналичка, доска-нащельник, комплекты для дверных коробок, плинтусы, перила, доски подоконников, различные, уголки, рейки (в том числе для багета), штапики и др. Для обеспечения такого обширного ассортимента продукции исходными пиломатериалами предприятие имеет в своем составе склад пиловочного сырья и лесопильно-раскроечный цех. На лесопильном участке цеха установлены одноэтажная лесопильная рама Р64-4 и ленточнопильный станок "фермерского" типа МГ 6500.

Суммарный годовой объем распиливаемого хвойного пиловочника составляет 3 тыс. м³, а лиственных пород соответственно 2 тыс. м³. Основной продукцией лесопильного участка являются двухкантные брусья толщиной 100 мм, толстые необрезные доски толщиной 50 мм и тонкие необрезные доски толщиной 20 мм.

На раскроечном участке цеха установлены многопильный станок СМ1В-150 для распиловки двухкантных брусьев толщиной 100 мм и необрезных досок толщиной 50 мм на черновые заготовки шириной 100 мм и соответственно 50 мм и многопильный станок ЦМ-120 для продольной распиловки тонких необрезных досок толщиной 20 мм на черновые заготовки толщиной 20 мм и шириной 50, 80 или 100 мм.

Оценку возможного выхода пиленых заготовок для производства строганных погонажных деталей в условиях деревообрабатывающего комплекса "Форест" проводили на основании расчета и анализа существующих и рекомендованных авторами схем раскроя пиловочного сырья. Данные расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Объемный выход пиленых заготовок для производства строганных погонажных деталей

Диаметр, см	Схема раскроя			Диаметр, см	Схема раскроя		
	на первом проходе	на втором проходе	объемный выход заготовок, %		на первом проходе	на втором проходе	объемный выход заготовок, %
14	100/1	50/2-20/2	53,82	28	100/1-50/2-20/4	50/5-20/2	63,51
16	100/1-20/2	50/2-20/2	56,26	30	100/1-50/2-20/4	50/5-20/2	61,38
18	100/1-20/4	50/3-20/2	61,59	32	100/1-50/2-20/4	50/5-20/2	60,53
20	100/1-20/4	50/3-20/2	59,90	34	100/1-50/4-20/2	50/6-20/2	58,12
22	100/1-20/6	50/3-20/2	59,33	36	100/1-50/4-20/2	50/6-20/2	61,21
24	100/1-20/6	50/4-20/2	62,90	38	100/1-50/4-20/2	50/6-20/2	62,48
26	100/1-50/2-20/2	50/4-20/2	60,08	40	100/1-50/4-20/4	50/6-20/2	60,04

В целом объемный выход пиленных заготовок достаточно высок. Некоторая разность объемного выхода заготовок, полученных из бревен смежных диаметров, возникает при несовпадении по кратности величин пропиленных пластей спецификационным толщинам заготовок (при распиловке двухкантного бруса и толстых необрезных досок) и ширинам заготовок (при распиловке тонких необрезных досок).

Схемы раскроя пиловочника лесопильной рамой на первом проходе позволяют рекомендовать предприятию подсортировку бревен на складе сырья по следующим группам диаметров: 14 ... 24 см – шесть четных диаметров в группе и установке при распиловке 8 пил, а полученный брус высотой 100 мм перед распиловкой на многопильных станках сортировать на три группы (три пакета); 26 ... 32 см – четыре четных диаметра в группе и установке при распиловке 8 пил, а полученный брус высотой 100 мм сортировать перед распиловкой на две группы (в два пакета); 34 ... 40 см – четыре четных диаметра в группе и установке при распиловке 10 пил, а полученный брус высотой 100 мм перед распиловкой выкладывать в один пакет.

Ежегодные объемы и ассортимент вырабатываемой продукции зависят от рыночного спроса и непостоянны, а размерная характеристика используемого пиловочного сырья более устойчива на протяжении нескольких лет.

Размерный состав хвойного пиловочного сырья представлен в табл. 2.

Из данных, помещенных в таблице 2, видно, что практически основной объем пиловочного сырья составляют бревна диаметром от 14 до 40 см.

Приведенные данные позволяют проводить расчеты по определению объемного и качественного выхода пиленных заготовок для производства строганного погонажа; нормировать расход пиловочника и определить первоначальный уровень сортировки бревен на складе сырья исследуемого предприятия.

Таблица 2 – Размерный состав хвойного пиловочного сырья

Диаметр, см	Сорт пиловочника						Всего	
	1 -й		2 -й		3 -й		м ³	%
	м ³	%	м ³	%	м ³	%		
14	105	3,5	57	1,9	102	3,4	264	8,8
16	129	4,3	102	3,4	123	4,1	354	11,8
18	156	5,2	117	3,9	159	5,3	432	14,4
20	180	6,0	153	5,1	171	5,7	504	16,8
22	120	4,0	99	3,3	114	3,8	333	11,1
24	90	3,0	42	1,4	81	2,7	213	7,1
Всего по средним	780	26,0	570	19,0	750	25,0	2100	70,0
26	78	2,6	39	1,3	60	2,0	177	5,9
28	66	2,2	36	1,2	39	1,3	141	4,7
30	57	1,9	33	1,1	31,5	1,05	121,5	4,05
32	45	1,5	30	1,0	24	0,8	99	3,3
34	39	1,3	27	0,9	21	0,7	87	2,9
36	33	1,1	21	0,7	18	0,6	72	2,4
38	27	0,9	15	0,5	12	0,4	54	1,8
40	24	0,8	12	0,4	10,5	0,35	46,5	1,55
42	18	0,6	9	0,3	9	0,3	36	1,2
44	12	0,4	6	0,2	7,5	0,25	25,5	0,85
46	9	0,3	4,5	0,15	3	0,1	16,5	0,55
48	7,5	0,25	3	0,1	2,1	0,07	12,6	0,42
50	3	0,1	2,7	0,09	1,5	0,05	7,2	0,24
52	1,5	0,05	1,8	0,06	0,9	0,03	4,2	0,14
Всего по крупным	420	14,0	240	8,0	240	8,0	900	30,0
Итого	1200	40,0	810	27,0	990	33,0	3 000	100,0

Уласовец В.Г., Чудинов А.Е. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)
mod@usfeu.ru

**ДРОБНОСТЬ СОРТИРОВКИ ПИЛОВОЧНИКА ПРИ
 ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НА ООО
 "ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЗАВОД" г. ДОБРЯНКА
 SAW LOG GRADING IN WOOD PROCESSING DESIGN AT "WOOD
 PROCESSING ENTERPRISE" IN DOBRIANKA TOWN**

Рациональный раскрой пиловочного сырья различных диаметров на спецификационные пиломатериалы возможен при правильном подборе соответствующих схем его раскроя. При известном задании могут быть составлены (разработаны) схемы раскроя (поставы) наилучшим образом удовлетворяющие поставленным условиям и определяющие дробность сортировки пиловочника на складе сырья предприятия.

Традиционно, при использовании в качестве основного бревнопильного оборудования лесопильных рам первого и второго ряда, организация сортировки

бревен на складах лесозаводов с крупными и средними объемами производства пиломатериалов ведется по четным диаметрам, имеющим значительный удельный вес, а при существенном снижении их удельного веса в общем объеме партии – по группам диаметров [1].

При установке в технологическом потоке ленточнопильных станков в первом ряду, а для распиловки бруса во втором ряду многопильных круглопильных станков с перемещаемыми ("плавающими") вдоль пильного вала пилами [2], можно не только оперативно менять схему раскроя и структуру постава, но и изменить дробность принятой сортировки бревен, уменьшив количество сортировочных групп, а, следовательно, и мест укладки пиловочника на складе сырья.

Из практики лесопиления известно, что для обеспечения наибольшего выхода специфицированных ширин досок нужно на первом проходе при распиловке бревна выпиливать брус высотой (толщиной), равной будущей ширине досок, которые на втором проходе выпилят из зоны пропиленных пластей этого бруса. Основной же выход пиломатериалов заданных толщин вырабатывают также в зоне пропиленных пластей бруса. Наибольший объемный выход специфицированных пиломатериалов в каждой схеме раскроя будет достигаться тогда, когда суммарная величина набора толщин выпиливаемых досок (с учетом величин их усушек и пропилов) будет максимально приближена к величине пропиленной пласти бруса. Оптимальные же ширины и длины досок, выпиливаемых за зоной постели бруса будут отличаться по размерам, но их с небольшой потерей объемного выхода [3] можно переобрезать на меньшую рациональную спецификационную ширину или оторцевать на необходимую длину.

В условиях работы ООО "Добрянский ДФЗ" был изучен характер поступления пиловочника хвойных пород на склад сырья предприятия, его объемы, размеры, сортность, неравномерность поступления по кварталам. Исходя из изученных материалов и планируемой технологии производственного процесса, было определено возможное спецификационное задание, составлены схемы рационального раскроя и рассчитан объемный выход (табл.1) пиломатериалов по ГОСТ 26002-83 "Пиломатериалы хвойных пород северной сортировки, поставляемые для экспорта. Технические условия" из пиловочника по ГОСТ 9463-88 "Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия".

Исходя из условия наилучшего использования зоны пропиленной пласти бруса в каждом диаметре и рекомендаций теории раскроя боковой части пиловочного сырья на первом и втором проходе (при распиловке бревен параллельно продольной оси) для деревообрабатывающего завода г. Добрянка разработаны рекомендации по возможной дробности сортировки пиловочника (табл.2) на складе сырья, при которой сохраняется высокий объемный и спецификационный выход пиломатериалов.

Таблица 1 – Схемы раскроя и коэффициент объемного выхода пиломатериалов

№ п/п	Диаметр, см	Схема раскроя		Ширина пропиленной пласти бруса,	Коэффициент объемного выхода
		1 проход	2 проход		
1	14	100/1 - 22/2	44/2 - 22/2	95,04	0,5683
2	16	100/1 - 22/2	44/1 - 32/2 - 22/2	122,61	0,5557
3	18	125/1 - 22/2	50/1 - 32/2 - 22/2	126,15	0,5924
4	20	150/1 - 22/2	50/1 - 32/2 - 22/2	127,73	0,5875
5	22	150/1 - 22/2	50/1 - 50/2 - 22/2	157,21	0,6153
6	24	175/1 - 22/2	50/1 - 50/2 - 22/2	159,42	0,6277
7	26	175/1 - 22/2 - 22/2	75/1 - 50/2 - 22/2	188,2	0,6365
8	28	100/2 - 22/2 - 22/2	2(32/1-32/2-32/2-22/1-22/2)	186,87	0,6103
9	30	100/2 - 22/2 - 22/2	2(63/1-32/2-32/2-2/2)	215,68	0,6164
10	32	125/2 - 22/2	2(32/1-32/2-32/2-22/2-22/2)	186,9	0,6059
11	34	125/2 - 22/2 - 22/2	2(75/1-32/2-32/2-22/2-22/2)	219,4	0,6340
12	36	125/2 - 22/2 - 22/2	2(50/1-44/2-44/2-22/2-22/2)	249,27	0,6493
13	38	125/2-22/2-22/2-22/2	2(75/1-44/2-44/2-22/2-22/2)	277,37	0,6576
14	40	150/2-22/2-22/2	2(50/1-50/2-50/2-22/2-22/2)	251,87	0,6659
15	42	150/2-22/2-22/2	2(50/1-50/2-50/2-22/2-22/2)	282,56	0,6375
16	44	150/2-22/2-22/2-22/2	2(75/1-50/2-50/2-22/2-22/2)	311,51	0,6602
17	46	150/2-22/2-22/2-22/2	2(75/1-50/2-50/2-22/2-22/2-22/2)	339,18	0,6668
18	48	175/2-22/2-22/2	2(75/1-50/2-50/2-22/2-22/2-22/2)	315,51	0,6623
19	50	175/2-22/2-22/2-22/2	2(75/1-50/2-50/2-22/2-22/2-22/2)	345,17	0,6671

Таблица 2 – Рекомендуемый вариант дробности сортировки пиловочника

Сортировочная группа	1	2	3	4	5	6	7
Диаметры бревен, см	14	16 ... 20	22 ... 26	28, 30	32, 34	36, 38	40 ... 50

Отметим, что при изменении технических характеристик основного бревно-пильного оборудования, размерного состава поступающего пиловочного сырья и параметров спецификаций потребителя количество сортировочных групп будет меняться.

Качественный выход получаемых пиломатериалов зависит от сортового состава распиливаемого сырья, назначения выпиленного пилопродукции, применяемого бревнопильного оборудования, параметров дереворежущего инструмента. Расчет качественного выхода пилопродукции осуществляют в соответствии с существующими нормативными документами [4].

Библиографический список

1. Уласовец, В.Г. Характер поступления сырья на лесопильное предприятие // В.Г. Уласовец // Лесн. журн. - 1979. - № 1. - С. 69 - 71. - (Изв. высш. учеб. заведений).

2. Калитеевский, Р.Е. Лесопиление в XXI веке. Технология, оборудование, менеджмент / Р.Е. Калитеевский. - С-Петербург: Профи-Информ, 2005. - 480 с.

3. Уласовец, В.Г. Корректировка величин оптимальных размеров досок при распиловке бревен / В.Г. Уласовец // Деревообработка: технология, оборудование, менеджмент XXI века. Матер. 4 -го межд. Евразийского симпоз. - Екатеринбург: УГЛТУ. - 2009. - С. 183 - 187.

4. Руководящие технико-экономические материалы по нормированию расхода сырья и материалов в производстве пиломатериалов. Утверждены 13.12.90 г. Министерством лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности СССР. - Архангельск: ЦИИМОД. - 1991. - 220с.

Чернышев А.Н. (ВГЛТА, г. Воронеж, РФ) alnik19@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СУШКИ ХВОЙНЫХ ПОРОД БЕЗ ИСКУССТВЕННОГО УВЛАЖНЕНИЯ В АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СУШИЛЬНЫХ КАМЕРАХ

RESEARCHING AERODYNAMIC KILN-DRYING PROCESS OF HARDWOODS WITHOUT ARTIFICIAL MOISTENING

Сушка влажных материалов, или тепло- и влагообмен между высушиваемым пиломатериалом и средой, является не столько теплотехническим процессом, сколько технологическим, в котором изменяются свойства высушиваемого материала. Поэтому задача сушки состоит в том, чтобы быстро высушить материал с качеством, удовлетворяющим определённым требованиям при минимальных производственных затратах.

Проф. Сергеев В.В. в своей замечательной работе [1] убедительно доказал, что особенностью закономерностей механизма переноса тепла и влаги к поверхности материала является их взаимосвязь как единого комплексного процесса аэродинамической сушки при нестационарных полях температуры, влажности и скоростях в обрабатываемой среде и внутри материала.

Отличительной особенностью сушки древесины в аэродинамических камерах любой мощности является изменение во времени температурно-влажностных параметров среды без искусственного её увлажнения. Отсутствие технологического пара на увлажнение сушильного агента вызывает дополнительные трудности поддержания режимных параметров среды с точки зрения их безопасности. Длительность процесса при этом обуславливается тепловой мощностью камеры, её герметичностью, характеристикой материала и внешними условиями сушки.

При сушке пиломатериалов в аэродинамических камерах при переменных условиях среды, когда происходит испарение влаги с постепенным углублением границы фазового перехода и увеличением критерия фазового перехода ϵ , процесс теплоотдачи значительно уменьшается. В первую очередь это связано с перегревом поверхности материала и снижением интенсивности сушки. Сухой слой поверхностной зоны материала препятствует передаче тепла во внутреннюю зону, а снижение разности между температурами среды и поверхности создаёт дополнительное сопротивление движению

теплового потока, что приводит к снижению коэффициента теплообмена. Лыков А.В. выдвинул гипотезу о том, что вынос микрочастиц влаги в конечном счёте увеличивает общую объёмную поверхность испарения, снижая, как казалось бы, коэффициент теплообмена α' [2]. Однако превалирующее значение при этом имеет увеличение суммарного испарительного эффекта - q' , из-за которого теплообмен становится более интенсивным. Истинный коэффициент теплообмена, исчисляемый по эффекту только на геометрической поверхности материала, при этом не увеличивается. Он может уменьшаться по сравнению с α' между средой и сухим телом или оставаться примерно таким же. Гипотеза Лыкова А.В. впоследствии была доказана Шубиным Г.С. и получила подтверждение у Сергеева В.В. [3].

Совокупность этих явлений при сушке в аэродинамических камерах, в которых условия среды изменяются во времени, а степень насыщенности агента сушки можно изменить только за счёт влаги, испаряемой из материала, кинетика (среднее значение потенциалов переноса) процесса в значительной мере определяется физико-механическими свойствами самого материала. Изменение локальной влажности и локальной температуры с течением времени зависит от взаимосвязанного механизма переноса влаги и тепла внутри материала и массо- и теплообмена поверхности материала с окружающей средой. Этот механизм имеет очень сложный характер, который дополнительно осложняется тем, что одновременно с прогревом материала происходит сушка поверхностных слоёв.

Таким образом, нестационарные поля влагосодержания и температуры (динамика процесса) определяются закономерностями влаго- и теплопереноса внутри тела, а также внешним влаго- и теплообменом с окружающей средой. Математическое описание такого нестационарного процесса очень сложно и сводится к решению системы уравнений для граничных условий III рода при $t_c = f(\tau)$:

$$W(x, y, z, 0) = W_0 = const \quad (1)$$

$$(\tau > 0; -L_1 < x < +L_1, -L_2 < y < +L_2, -L_3 < z < +L_3) \quad :$$

$$\frac{\partial T_c}{\partial F_0} = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2 \partial y^2 \partial z^2} - \varepsilon k_0 \frac{\partial^2 u}{\partial F_0}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial F_0} = Lu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2 \partial y^2 \partial z^2} - LuPn \frac{\partial^2 T}{\partial x^2 \partial y^2 \partial z^2}.$$

Распределение влажности W и температуры T при этом считается симметричным относительно центра ограниченной пластины как модели обрезаемого сортамента или черновой заготовки, которые в таких камерах сушат чаще, чем необрезные доски.

Решение системы дифференциальных уравнений (1, 2) при симметричном распределении потенциалов переноса по прямоугольному сечению материала получено в [2] в полном и упрощённом безразмерном виде посредством метода интегральных преобразований Лапласа для нестационарного распределения безразмерных потенциалов переноса в материале и относятся к общему случаю переноса при барометрическом давлении.

Но использование даже упрощённых зависимостей связано с большим объёмом вычислительных работ, не влияющих на точность технологических расчётов. В связи с этим практический интерес имеют полученные нами методом операционного исчисления уравнений Лыкова А.В. приближённые решения, описывающие процесс тепло- и

массопереноса, более удобные для использования в инженерных расчётах по определению режимов сушки в аэродинамических камерах:

Для инженерных расчётов были введены следующие допущения:

- 1) $Q=1$, т.е. $t_0 = t_{нач.} = const$,
- 2) Комплекс критериев $\varepsilon \cdot k_0 P_n = 0,87 \cdot 0,06 \cdot 0,3 = 0,016$ взят постоянным, исходя из особенностей протекания процесса;
- 3) Момент перехода от стадии нерегулярного к стадии регулярного режима характеризуется величиной критерия Фурье $F_0=0,1$, что соответствует времени, в течение которого поверхностная влажность достигает величины, равной её значению в начале стадии регулярного режима;
- 4) Максимальное значение критерия $F_0=10$ при толщине сортимента $0,05$ м, $a_{max}=15,8 \times 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ и времени сушки $\tau=10$ сут;
- 5) Минимальное значение критерия Био $Bi=102$ при температуре сушильного агента $t_{min}=40^\circ\text{C}$, степени насыщенности $\varphi_{min}=0,2$, коэффициенте влагообмена $\alpha_{min}=8,15 \times 10^{-7} \text{ м}/\text{с}$, толщине сортимента $h=0,022$ м, коэффициенте теплопроводности $a_{min}=3,14 \times 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$, скорости агента сушки $v_{min}=1,0$ м/с;
- 6) Максимальное значение критерия $Bi=230$ при соответствующих максимальных режимных параметрах: $t=100^\circ\text{C}$, $\varphi=0,99$, $\alpha=28,5 \times 10^{-7} \text{ м}/\text{с}$, $h=0,05$ м, $a=16,4 \times 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$, $v_{max}=3,0$ м/с.

Тогда для древесины сосны:

$$t_n = t_0 + t_c (1 - 0,488 \exp(-Pd' Fo') - 0,232 \exp(-z_i \tau)), \quad (3)$$

$$t_u = t_0 + t_c (1 - 0,688 \exp(-Pd' Fo') - 0,112 \exp(-z_i \tau)),$$

$$tc = 85,12(1 - 0,56 \exp(-0,224\tau) - 0,448 \exp(-0,028\tau) - 0,112 \exp(-0,0325\tau)),$$

стадия нерегулярного режима (период постоянной скорости сушки)

$$W(x, y, z, \tau) = W_H - ((W_H - W_P) \left(1,5 \frac{Bi^2}{88} \exp(-3,51 \left(\frac{1 - \cos \frac{z}{h} \cos \frac{y}{b} \cos \frac{x}{l}}{2\sqrt{F_0}}\right)\right)) \times \quad (4)$$

$$\times \left(2,162 \sqrt{\frac{z}{h} \frac{y}{b} \frac{x}{l} F_0} + F_0 \sqrt{\frac{z}{h} \frac{y}{b} \frac{x}{l}} \left(0,125 \frac{h}{z} \frac{b}{y} \frac{l}{x} + \frac{4}{7} - \frac{Bi^2}{88}\right)\right),$$

стадия регулярного режима (период падающей скорости сушки)

$$W(x, y, z, \tau) = W_u(\tau) - \left(\frac{z}{h} \frac{y}{b} \frac{x}{l}\right)^2 (W_u(\tau) - W_n(\tau)),$$

$$W_u(\tau) = (W_H - W_P) \frac{Bi}{Bi - 1/2} \left(1 - \exp(-F_0 \left(\frac{Bi}{Bi - 1/2}\right)^2) \times 2,125 \exp(-3,9 \left(\frac{Bi}{Bi - 1/2}\right) \sqrt{F_0})\right), \quad (5)$$

$$W_n(\tau) = (W_H - W_P) \left(1 - 4,05 \times 10^{-4} F_0 Bi \exp\left(-\frac{1}{4,05 F_0}\right)\right),$$

$$a' = 2,631(t_c + 273)^{10} \times 10^{-21},$$

где: t_n – температура на поверхности материала, $^\circ\text{C}$;

t_u – температура в центре материала, $^\circ\text{C}$;

t_c – температура среды, $^\circ\text{C}$;

W_u – влажность в центре сортимента, %;

W_n – влажность на поверхности сортимента, %;

W_p – равновесная влажность сортимента, %;

$$W_p = 10,6^{\circ} (0,03 - 0,00015t) \times 100, \quad (6)$$

$$Pd' = \frac{e_{\tau} R^2}{a'(t_{c0} - t_0)} \text{ и } F'_0 = \frac{a' \tau}{R^2} - \text{теплообменные критерии Предводителя и Фу-}$$

рье, характеризующие нестационарность процесса теплообмена (e_{τ} – скорость изменения температуры, принимаемая из технологических соображений);

a' - коэффициент температуропроводности, определяющий инерционность материала, т.е. его способность выравнять температуру.

Для решения задачи поиска рациональных режимов сушки был проведён расчёт продолжительности сушки при различных возможных сочетаниях параметров режима для обрезных пиломатериалов. Параметры режима следующие: сушка сосновых сортиментов с размерами поперечного сечения 95×32мм с начальной влажностью $W_{н.}=85\%$ до конечной влажности $W_{к.}=8\%$ при изготовлении евробруса и евроокон. Исходные данные для расчёта формул получены на основе уравнения влагопроводности. Расчётная продолжительность сушки уточнялась посредством сравнения с опытными производственными сушками.

Результатом проведённого анализа напряжённо-деформированного состояния обрезного сортимента во время его гидротермической обработки являются 4 - ступенчатые режимы низкотемпературного процесса сушки сосновых пиломатериалов в аэродинамических сушильных камерах периодического действия (Таблица 1) [4].

Таблица 1 - Режимы низкотемпературной сушки сосновых пиломатериалов в аэродинамических камерах

ср. влажность, %	парам. режима	номер режима							
		ас1	ас2	ас3	ас4	ас5	ас6	ас7	ас8
		толщина, мм							
		22	25	32	40	50	60	70	80
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мягкие режимы (М)									
>50	$t, ^{\circ}\text{C}$	66	66	66	64	64	64	62	60
	$\Delta t, ^{\circ}\text{C}$	5	5	4	4	4	4	3	2
50-35	ϕ	0,78	0,78	0,82	0,82	0,82	0,82	0,86	0,90
	$t, ^{\circ}\text{C}$	55	55	55	53	53	53	52	51
35-25	$\Delta t, ^{\circ}\text{C}$	7	7	6	6	6	5	4	3
	ϕ	0,68	0,68	0,72	0,72	0,72	0,76	0,80	0,84
<25	$t, ^{\circ}\text{C}$	60	60	60	58	58	58	56	53
	$\Delta t, ^{\circ}\text{C}$	10	10	9	9	9	8	7	6
<25	ϕ	0,58	0,58	0,61	0,61	0,61	0,65	0,68	0,72
	$t, ^{\circ}\text{C}$	75	75	75	73	73	73	71	68
<25	$\Delta t, ^{\circ}\text{C}$	24	24	23	23	23	21	20	19
	ϕ	0,31	0,31	0,34	0,34	0,34	0,38	0,37	0,37

Выводы:

- полученные теоретические зависимости являются универсальными и позволяют использовать как одноосные модели (необрезная доска) при относительных координатах

натах, равных единице, так и двухосные (обрезная доска) и трёхосные (черновая заготовка) модели;

- анализ напряжённо-деформированного состояния обрезного сортимента во время его гидротермической обработки позволил обосновать новый способ сушки, позволяющий снизить энергозатратность и продолжительность процесса по сравнению с режимами РТМ.

Библиографический список

1. Сергеев, В.В. Повышение эффективности сушки древесины [Текст] / В.В. Сергеев, Ю.И. Тракало // Монография. Екатеринбург, 2005. - УГЛТУ. – 226с.
2. Лыков А.В. Тепломассообмен: справочник [Текст]/ А.В. Лыков – М.: Энергия, 1978. – 487с.
3. Сергеев, В.В. Повышение эффективности сушки пиломатериалов в камерах малой мощности [Текст]/ В.В. Сергеев: автореф. дис. ... докт. техн. наук./ СПбЛТА, 1999.- 33с.
4. Патент РФ №2319915 С1 Способ сушки пиломатериалов [Текст] / А.Н. Чернышев, А.А. Филонов.- МКП⁷ F28 В1/00, 3/04. –№20061116335/06; Заявл.12.05.2006; Опубл. 20.03.2008, Бюл.№30. – 4 с.

Шадрина Е.В., Гороховский А.Г., Дружинин А.В.

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

О СОВМЕЩЕНИИ ОПЕРАЦИЙ СУШКИ И ОБЛАГОРАЖИВАНИЯ ШПОНА В ПРОИЗВОДСТВЕ СЛОИСТОЙ КАРАНДАШНОЙ ДОЩЕЧКИ

COINCIDENCING DRYING AND ADVANCING VENEER WHILE MANUFACTURING PLY SLAT

Постановка проблемы и формулировка задачи, решаемой в данной статье

С момента организации производства карандашных дощечек из цельной древесины кедра существовало несколько способов их облагораживания:

- обработка красителями с последующей пропиткой в парафине,
- обработка водными растворами винной и азотной кислот с последующей выдержкой в вакууме,
- пропитка раствором нитрита натрия и этиленгликоля под давлением,
- обработка в среде водяного пара и др [3].

В 1939 году ЦНИИЛ разработал и внедрил в производство термоаммиачный метод облагораживания, который с частичными изменениями существует в наше время и является типовым.

Из типовой технологии облагораживания (улучшения чиночных свойств) цельные кедровые дощечки обрабатывают аммиачной водой и острым паром в автоклавах (при 130°С в течение 2 часов), пропитывают парафином в специальных ваннах (при 80-90°С в течение 1 мин.) и сушат в камерах непрерывного действия [1].

При изготовлении карандашной дощечки слоистой конструкции было предложено использовать лущеный шпон малоценных пород древесины (березы, осины, ели,

пихты, сосны) для дальнейшего склеивания холодным способом клеями на основе смолы КФ-МТ или ПВАД.

Лущеный шпон имеет высокую начальную влажность, благодаря гидротермической обработке фанерного сырья. Известно, что в силу его малой толщины, он сушится при жестких режимах, при этом продолжительность сушки ограничивается минутами [2]. Учитывая, что термическая обработка шпона также ведется при высоких температурах в парафине, было сделано предположение о возможности совмещения операций облагораживания шпона с одновременной его сушкой. Данное совмещение двух энергоемких операций позволит повысить экономический эффект предложенной технологии изготовления дощечки оригинальной конструкции. При этом необходимо было ограничить, прежде всего, продолжительность сушки и содержание влаги в древесине в зависимости от продолжительности термической обработки. Исследованный диапазон периодов термообработки был выбран от 1 до 5 мин. с шагом в 1 мин.

Методика эксперимента

Для проведения экспериментов был использован лущеный шпон размерами 350*350*1,5 мм. В качестве исследуемых пород были выбраны береза и сосна, как наиболее характерные и используемые породы в фанерном производстве. При этом шпон был взят разной начальной влажности: влажный, непосредственно после лущения; сухой, непосредственно после сушки. Перед погружением партии шпона в парафин, определялась его начальная влажность весовым способом. Образцы шпона укладывались в специальные контейнеры с прокладками из сетки и помещались в металлическую ванну с нагретым до температуры 200 °С парафином. Через определенные промежутки времени (1 мин.; 2 мин.; 3 мин.; 4 мин.; 5 мин.) образцы вынимались, охлаждались в плотных стопах во избежание коробления в течение суток. Эксперимент завершался определением влажности термообработанного шпона.

Результаты экспериментов

В каждой партии испытывалось пять образцов. Средние значения результатов экспериментов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость конечной влажности лущеного влажного и сухого шпона от продолжительности термообработки шпона в парафине

Продолжительность термообработки шпона, мин.	Береза				Сосна			
	Влажность, %	Содержание парафина, %	Влажность, %	Содержание парафина, %	Влажность, %	Содержание парафина, %	Влажность, %	Содержание парафина, %
0	65	0,00	7,85	0,00	65	0,00	7,93	0,00
1	2,87	21,80	2,27	23,30	3,16	10,12	3,10	12,86
2	2,73	22,40	2,21	24,96	2,83	12,26	2,81	17,26
3	2,62	24,90	2,13	24,63	2,76	16,88	2,64	20,88
4	2,43	25,90	2,05	24,80	2,73	17,83	2,43	21,26
5	2,34	24,80	2,07	25,33	2,51	18,99	2,29	20,85

Как видно из проведенного эксперимента уже практически в 1 мин. термообработки происходит максимальное удаление влаги из шпона, причем как из влажного, так и из сухого шпона. При этом уже после проварки в течение 1 мин. влажность как одного, так и другого шпона практически не отличается, что позволяет сделать заключение о нецелесообразности дальнейшей термообработки. Это подтверждается также содержанием парафина после термообработки, которое в березе не меняется практически через 2 мин. после термообработки, а для сосны через 3 мин.

Некоторое увеличение содержания парафина при термообработке сухого шпона связано с более легким замещением влаги парафином, из-за ее незначительного содержания в шпоне. В большей степени это характерно для сосны, особенно в начальной стадии проварки. Учитывая результаты проведенного эксперимента, была сделана попытка более детально изучить процесс удаления влаги в зависимости от продолжительности нахождения шпона в парафине. При этом был расширен эксперимент, и уже изучались все исследуемые породы древесины (береза, осина, ель, пихта, сосна). Для более точного определения динамики удаления влаги из шпона в начальный момент времени, варьируемый интервал времени был сокращен до 30 сек.

Учитывая, что в предыдущем опыте на скорость сушки практически не влияла начальная влажность шпона, для дальнейшего эксперимента был взят сухой шпон с начальной влажностью $W=8\%$. Результаты экспериментов представлены в таблице 2 и на графике 1.

Таблица 2 – Зависимость конечной влажности шпона ($W, \%$) от времени термообработки шпона в парафине (τ , мин)

Порода древесины	Продолжительность проварки, мин								
	0	1	2	3	4	5	30	60	120
Береза	7,85	2,27	2,21	2,13	2,05	2,07	1,91	2,02	1,91
Осина	7,90	2,12	2,10	2,08	1,92	1,93	1,91	1,78	1,55
Ель	7,80	2,65	2,30	2,20	2,21	2,12	2,10	1,75	1,27
Пихта	8,00	3,41	2,50	2,34	2,30	2,25	2,17	1,68	1,23
Сосна	7,93	3,10	2,81	2,64	2,43	2,29	2,21	2,01	1,30

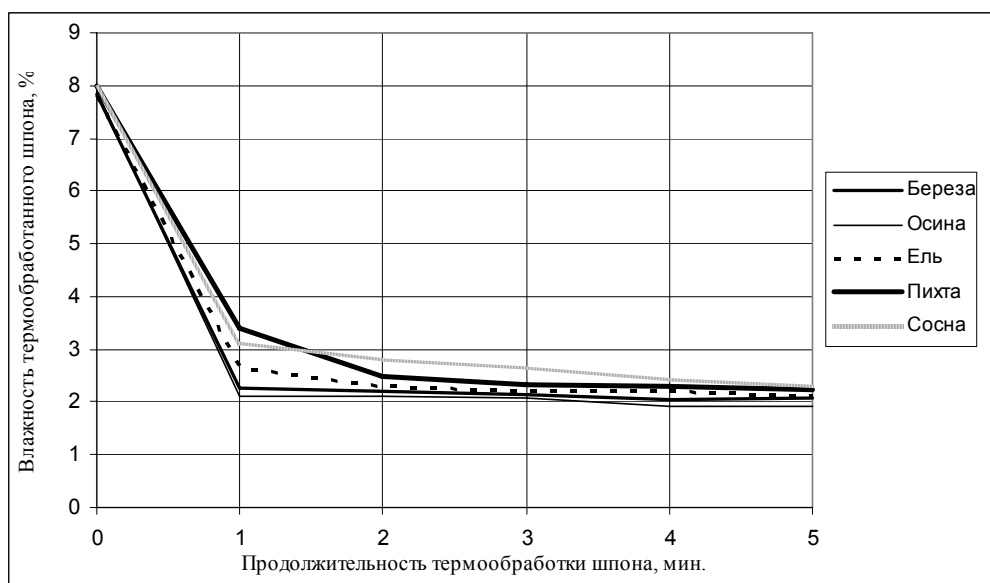


График 1 – Зависимость влажности шпона от продолжительности термообработки шпона в парафине (начальная влажность шпона $W=8\%$)

Выводы

Проведенные эксперименты доказывают возможность совмещение операций сушки и термической обработки шпона. Независимо от породы древесины начальная влажность шпона уже через 1 мин. после начала термообработки не превышает 3%. Поэтому в качестве оптимального времени сушки можно рекомендовать продолжительность термической обработки шпона в парафине не более 1-2 мин.

Библиографический список

1. Бобрикова Т.И., Ершов Д.П. Производство карандашей/ Томск. «Западно-Сибирское книжное издательство», 1975.- 217 с.
2. Дружинин А.В. Технология клееных материалов: учебное пособие; Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2005.- 280 с.
3. Исследование возможности замены древесины кедра древесиной других пород при производстве карандашей: отчет о НИР (заключительный): 1083/ УЛТИ; рук. Петри В.Н.; исполн. Желдакова В.В. [и др.]. Свердловск, 1984. 66 с. Инв. 0285, 005187.

Шадрина Е.В., Гороховский А.Г., Дружинин А.В.
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

ПОЛУЧЕНИЕ КАРАНДАШНОЙ ДОЩЕЧКИ СЛОИСТОЙ КОНСТРУКЦИИ. ОЦЕНКА ЧИНОЧНЫХ СВОЙСТВ MANUFACTURING PLY SLAT. SHARPING PROPERTIES ASSESSMENT

Постановка проблемы

В настоящее время наибольший объем карандашных дощечек изготавливают из древесины кедра. Также используют древесину ольхи и липы. Древесина ольхи неприглядна на вид, серого цвета, не очень хорошо держит грифель. Липа - широко распространенный материал, но достаточно вязкий, чтобы плотно удерживать грифель. Более качественные карандашные дощечки изготавливают из легкой, мягкой, прочной и немаркой древесины кедра [4].

Использование кедра становится все более нежелательным в условиях, когда с каждым годом (по данным международного маркетингового исследования 2005 г.) потребность в деревянных карандашах возрастает [4]. Многими исследованиями доказано, что прижизненное использование сырьевых ресурсов кедровников (сбор семян, кедровой лапки и др.) экономически значительно целесообразнее их рубки. Благодаря сильно выраженной средообразующей способности кедра, мощности его корневой системы и размещению кедровников в горах, весьма велико водоохранное, противозероэрозийное и климаторегулирующее значение кедровых лесов. Кедр имеет большое количество сучков: это делает его маловыгодным для производства карандашной дощечки. Полезный выход очень низок, не превышает 15-18% [1].

Необходимо изыскивать возможности замены ценнейшей древесины кедра менее ценными видами древесных пород и другими видами древесных материалов.

Краткий анализ предшествующих экспериментов

В 1943 - 44 г.г. на Томской карандашной фабрике был испытан метод лущения для получения кедрового шпона в толщину дощечек (6,1 мм). Однако при сушке дощечки сильно деформировались и растрескивались. В 1955 г. пытались получить дощечки методом строгания. При этом дощечки были разной толщины, в хаотичном виде и горячем состоянии, кроме того, при сушке они также деформировались.

На Московской карандашной фабрике им. Л. Б. Красина были проведены эксперименты по применению в карандашном производстве древесины лиственницы и ели. При обработке на станках лиственница растрескивалась. Ель сильно деформировалась и давала жёсткий срез.

В УЛТИ исследовалась возможность использования древесины ели, пихты, сосны, короткомерных кусковых отходов древесины кедра, путём склеивания на шип, а также использования древесностружечной массы для изготовления карандашной дощечки. Испытывали древесину берёзы, осины, ели, пихты, сосны, путём облагораживания в парафине дощечек из цельной древесины данных пород.

Сегодня в Австрии, Японии и других странах запатентованы изобретения, касающиеся способов получения карандашной оболочки из древесной или соломенной муки и глины; термопластичной синтетической смолы; пористой пластмассы с наполнителями и др. Но деревянный корпус карандаша имеет ряд существенных преимуществ, основные из них – небольшая величина теплоусвоения (ощущение так называемого «теплого» карандаша), экологичность, эстетичность.

Формулировка задачи, решаемой в данной статье

Учитывая сказанное выше, была поставлена задача - получить карандашные дощечки слоистой конструкции из древесины малоценных пород и изучить их чиночные свойства.

Выбор пород древесины (береза, осина, ель, пихта, сосна) был обусловлен тем, что они являются основными при производстве лущеного шпона. Это предполагает возможность организации производства карандашной дощечки на фанерных предприятиях страны с использованием для этих целей кускового шпона [2].

Во всех экспериментах для термообработки шпона использовался парафин, нагретый до температуры 200°C.

Для применения клеевых составов были выбраны общедоступные, низко-токсичные и невысокие по стоимости связующие:

- карбамидоформальдегидная смола марки КФ-МТ (с добавлением полиакриламида для снижения токсичности) и щавелевая кислота;
- поливинилацетатная дисперсия (ПВАД).

Выбранный способ склеивания (холодный) резко уменьшает как упрессовку древесины, так и внутренние напряжения при склеивании.

Методика эксперимента

Для проведения экспериментов был использован сухой лущеный шпон влажностью $W=7-8\%$, размерами 350*350*1,5 мм пяти указанных выше пород. Образцы шпона укладывались в специальные контейнеры с прокладками из сетки и помещались в металлическую ванну с нагретым до температуры 200°C парафином. Через определенные

промежутки времени (1 мин.; 2 мин.; 3 мин.; 4 мин.; 5 мин.; 60 мин.) часть образцов вынималась, охлаждалась в плотных стопах во избежание коробления в течение суток. Далее шпон укладывался в пакеты по четыре листа, при этом листы располагались обратной стороной к обратной, а лицевой к лицевой, направление волокон во всех слоях одинаковое. Затем пакеты шпона склеивались в листы фанеры клеями на основе смолы КФ-МТ (при температуре 20°C и давлении плит пресса 1 МПа в течение 2 часов) и ПВАД (при температуре 20°C и давлении плит пресса 1 МПа в течение 24 часов). После прессования листы фанеры выдерживались в плотных стопах в течение суток, затем из каждой партии фанеры вырезались образцы для испытаний на чиночные свойства (усилие резания) на экспериментальной установке, выполненной на базе фрезерного станка НГФ-110 ШН. В качестве контроля чиночных свойств были взяты цельные кедровые дощечки, обработанные по типовой технологии.

Результаты

В каждой партии испытывалось пять образцов. Средние значения результатов экспериментов представлены в таблицах 1, 2 и на графиках 1, 2.

Таблица 1 – Зависимость усилия резания (F, Н) карандашной дощечки от продолжительности термообработки шпона в парафине (τ, мин.) (клей на основе смолы КФ-МТ)

Порода древесины	Продолжительность термообработки шпона в парафине, мин						
	0	1	2	3	4	5	60
Береза	180	73,10	72,95	68,95	67,20	63,50	61,10
Осина	185	77,01	77,10	72,50	71,20	66,50	63,60
Ель	185	141,45	133,70	130,00	118,90	121,23	110,50
Пихта	180	132,00	125,20	113,90	109,20	101,10	91,50
Сосна	180	128,90	125,20	117,50	114,90	109,20	103,90

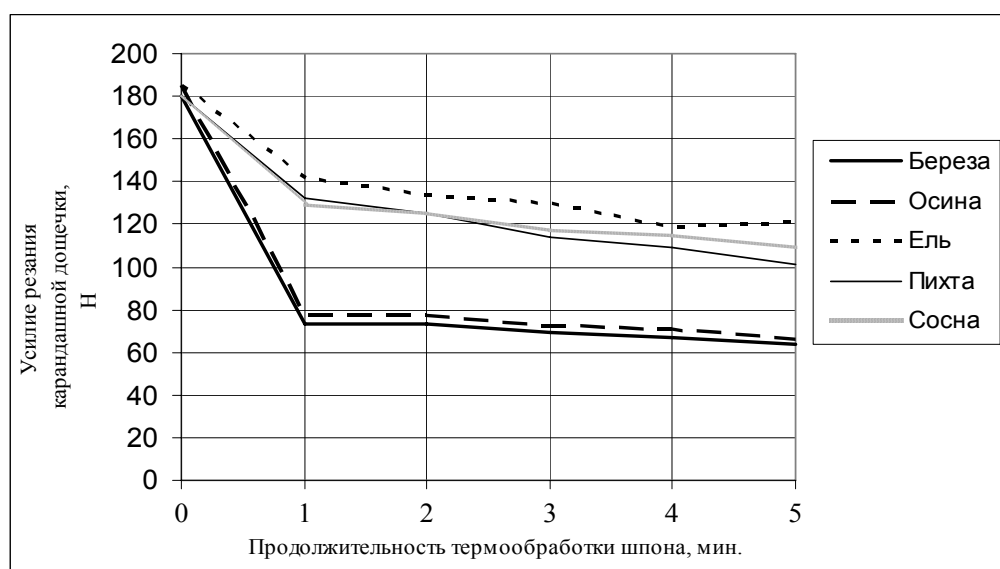


График 1 – Зависимость усилия резания карандашной дощечки, склеенной из лущеного шпона клеем на основе смолы КФ-МТ, от продолжительности термообработки шпона в парафине

Таблица 2 – Зависимость усилия резания (F,Н) карандашной дощечки от продолжительности термообработки шпона в парафине (τ , мин.) (клей на основе ПВАД)

Порода древесины	Продолжительность термообработки шпона в парафине, мин						
	0	1	2	3	4	5	60
Береза	149,50	68,60	64,10	57,30	55,50	51,20	49,20
Осина	152,10	73,40	68,30	64,20	58,80	55,50	52,60
Ель	168,90	111,10	108,60	107,60	104,60	101,10	98,30
Пихта	162,30	99,10	95,20	93,40	89,70	87,50	85,20
Сосна	156,00	98,10	97,30	95,70	94,10	92,90	90,10

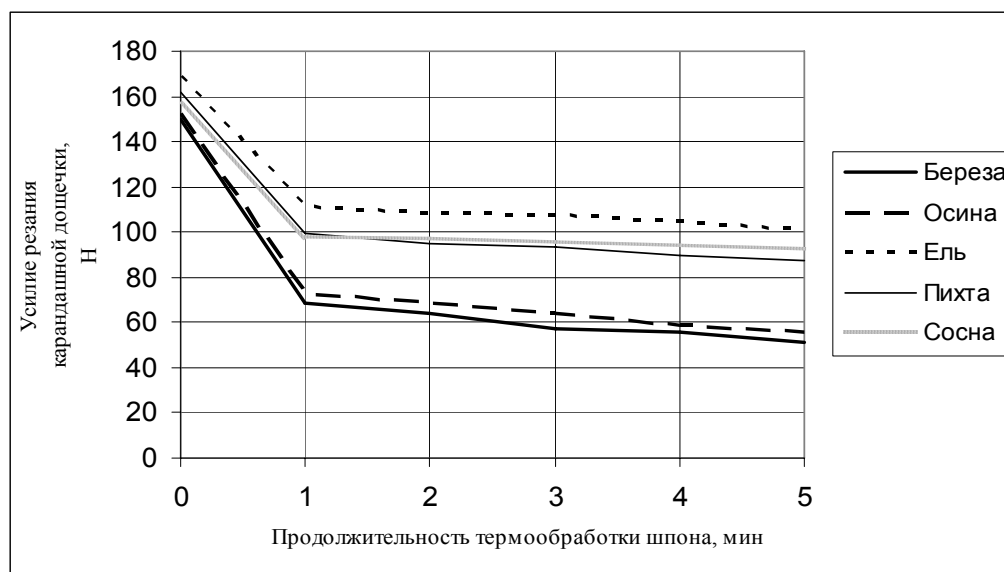


График 2 – Зависимость усилия резания карандашной дощечки, склеенной из лущеного шпона клеем на основе ПВАД, от продолжительности термообработки шпона в парафине

Выводы

Проведенный эксперимент позволяет сделать вывод о том, что наибольшие физико-химические изменения в тонкой слоистой древесине при термообработке происходят в первую минуту. Дальнейшая обработка не приводит к существенному изменению и, поэтому, нецелесообразна. Для проварки тонких листов шпона в парафине можно рекомендовать продолжительность термообработки 1-2 минуты при температуре 200°C.

Чиночные свойства (усилие резания) дощечек при склеивании на ПВАД несколько лучше, чем при склеивании карбамидным клеем, что объясняется пластическими свойствами ПВАД. Следует также отметить, что тенденция снижения усилия резания для всех изучаемых пород одинакова, в то же время усилия резания образцов из хвойных пород, особенно у ели, значительно выше контроля (74-79 Н [3]). Для хвойных пород древесины, с целью улучшения их чиночных свойств, температура термообработки должна составлять 220-250°C.

При термической обработке количество парафина, находящегося внутри и на поверхности шпона, составляет в среднем 15% (контроль: 4% в центральной части цельной кедровой дощечки, 12-14% на поверхности [3]). При этом предел прочности на скалывание дощечек составляет около 1,8-2,2 МПа, как при использовании карбамид-

ного клея, так и ПВАД. Следует также отметить, что скалывание в начальной стадии проварки (примерно, до 3 мин.) происходит, в основном, по древесине, а затем, при увеличении выдержки в парафине, скалывание происходит по клеевому шву.

Библиографический список

1. Бобрикова Т.И., Ершов Д.П. Производство карандашей/ Томск. «Западно-Сибирское книжное издательство», 1975.- 217 с.
2. Дружинин А.В. Технология клееных материалов: учебное пособие; Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2005.- 280 с.
3. РСТ РСФСР 392-86. Дощечки карандашные. Общие технические условия. Введен 19,06,1986. М.: Госплан РСФСР, 1986. 8 с.
4. Старый знакомый карандаш //Канцелярское обозрение (журнал). 2009. 23 октября.

Швец А. В., (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) razurala@mail.ru

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

Добрачев А.А. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) a-dobr@mail.ru

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛЕСОТРАНСПОРТНОГО ЦИКЛА ECONOMIC ANALYSIS OF LOGISTIC CYCLE IN HARVESTING

Кафедра технологии и оборудования лесопромышленного производства УГЛТУ в течение ряда лет ведет научные разработки по оптимизации номенклатуры лесозаготовительного подъемно-транспортного оборудования. В частности, изучается возможность замены многочисленной гаммы погрузчиков и кранов одним универсальным манипуляторным погрузчиком.

В лесном комплексе существуют различные схемы погрузки и транспортировки лесоматериалов: фронтальными погрузчиками или с самопогрузкой на автопоезда с использованием манипуляторов, установленных на тягачах автопоездов. При этом, наличие гидроманипуляторов на каждой транспортной единице, как и необходимость перемещения гусеничного погрузчика между измельчавшими сегодня лесосеками требует огромных финансовых затрат. Экономически выгоднее иметь один тип погрузчика на пневмоходу, скоростного и маневренного, для решения проблем с погрузкой круглого леса и в лесу, и на лесоскладах.

Для экономической оценки возможности применения в лесопромышленном производстве манипуляторного погрузчика повышенной грузоподъемности проведено сравнение экономических показателей различных вариантов систем машин на работах лесотранспортного цикла, включающего погрузку, транспортировку и выгрузку лесоматериалов.

$$C_{\text{погрузки}1\text{м}^3} = C_3^{\text{ПМ}} + C_a^{\text{ПМ}} + C_{\text{ТСМ}}^{\text{ПМ}} + C_{\text{МГ}}^{\text{ПМ}} + C_T^{\text{ПМ}}, \quad (1)$$

где $C_3^{\text{ПМ}}$ – затраты по заработной плате машинистов, р./м³,

$C_a^{\text{ПМ}}$ – амортизационные отчисления, р./м³,

$C_{\text{ТСМ}}^{\text{ПМ}}$ – затраты на топливо и смазочные материалы, р./м³,

C_{MG}^{PM} – затраты на приобретение масла для гидросистемы, р./м³,

C_T^{PM} – затраты на текущий ремонт и техобслуживание, р./м³.

Кроме погрузки лесоматериалов на лесовозный автотранспорт манипуляторный погрузчик в течение смены предполагается использовать и на трелевке. Поэтому относить удельные затраты целиком на выгрузку лесоматериалов нельзя – эти затраты необходимо разделить пропорционально времени, занятом механизмом на трелевочных и погрузочных работах.

Различие затрат на вывозку лесоматериалов будет зависеть от наличия или отсутствия собственного погрузочного механизма – гидроманипулятора, наличие которого значительно снижает полезную рейсовую нагрузку автопоезда и его скоростные характеристики.

Себестоимость вывозки 1 м³ лесоматериалов автопоездами определяется суммой затрат:

$$C_{\text{вывозки}1\text{м}^3} = C_3^T + C_a^T + C_{TSM}^T + C_T^T + C_{ш}^T, \quad (2)$$

где C_3^T – затраты по заработной плате водителей, р.,

C_a^T – амортизационные отчисления, р./м³,

C_{TSM}^T – затраты на топливо и смазочные материалы, р./м³,

C_T^T – затраты на текущий ремонт и техобслуживание, р./м³,

$C_{ш}^T$ – затраты на восстановление износа и ремонт шин, р./м³.

При работе автопоезда оборудованного гидроманипулятором в формулу 2 добавится амортизация навесного манипулятора, затраты на приобретение масла для гидросистемы, увеличится потребность в топливе, тарифная ставка водителя автопоезда и затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание.

Себестоимость выгрузки лесоматериалов манипуляторным погрузчиком аналогична погрузке, поэтому ее можно определить по формуле 1.

Себестоимость выгрузки 1 м³ лесоматериалов козловым краном:

$$C_{\text{выгрузки}1\text{м}^3} = C_3^{PM} + C_a^{PM} + C_{\text{Э}}^{PM} + C_T^{PM}, \quad (3)$$

где C_3^{PM} – затраты по заработной плате машиниста крана, р./м³,

C_a^{PM} – амортизационные отчисления, р./м³;

$C_{\text{Э}}^{PM}$ – затраты на электроэнергию, р./м³,

C_T^{PM} – затраты на текущий ремонт и техобслуживание, р./м³.

Кроме выгрузки лесоматериалов с лесовозного автотранспорта разгрузочные средства в течение смены используются и на других работах. Поэтому относить затраты по разгрузочным средствам целиком на выгрузку лесоматериалов нельзя – эти затраты делятся пропорционально времени, занятом механизмом на различных видах работ.

В качестве исследуемых вариантов для оценки эффективности использования манипуляторного погрузчика на погрузке и разгрузке автопоездов принимаем следующие:

1 комплекс машин – Фронтальный погрузчик ЛТ-188 на погрузке; 4 автопоезда Урал 4320 + ТМ-45.05 (СЗАП-8357) с рейсовой нагрузкой $Q_{пол} = 28,6 \text{ м}^3$ каждый; кран КБ-572 на разгрузке.

2 комплекс машин – тягач - трелевщик Амкодор-2243 с манипулятором повышенного вылета стрелы на погрузке; 4 автопоезда Урал 4320 + ТМ-45.05 (СЗАП-8357) с рейсовой нагрузкой $Q_{пол} = 28,6 \text{ м}^3$ каждый; Амкодор-2243 с манипулятором повышенного вылета стрелы на разгрузке.

3 комплекс машин – 2 автопоезда Урал 4320 + ТМ-45.05 (СЗАП-8357) с рейсовой нагрузкой $Q_{пол} = 28,6 \text{ м}^3$ каждый и 2 автопоезда Урал 4320 + ТМ-45.05 (СЗАП-8357) + АТЛАНТ-90 с рейсовой нагрузкой $Q_{пол} = 22 \text{ м}^3$ каждый. Манипулятор размещен на автомобиле в задней части шасси.

4 комплекс машин – 4 автопоезда Урал 4320 + ТМ-45.05 (СЗАП-8357) + АТЛАНТ-90 с рейсовой нагрузкой $Q_{пол} = 22 \text{ м}^3$ каждый. Манипулятор размещен на автомобиле в задней части шасси.

Расчеты произведены применительно к условиям Свердловской области, в ценах на конец 2009 года. Отпускные цены на машины и оборудование приняты по данным заводов - изготовителей: автомобильного завода «УРАЛ АЗ», Соломбальского машиностроительного завода, Майкопского машиностроительного завода, ОАО «АМКОДОР», ОАО «Алтайский трактор», Никопольского краностроительного завода. Цены на дизельное топливо, смазочные материалы, масло для гидросистемы, электроэнергию, шины автомобильные приняты по данным фирм г. Екатеринбурга.

Результаты расчетов себестоимости 1 м^3 по вариантам лесотранспортного цикла приведены на графике (рис. 1.).

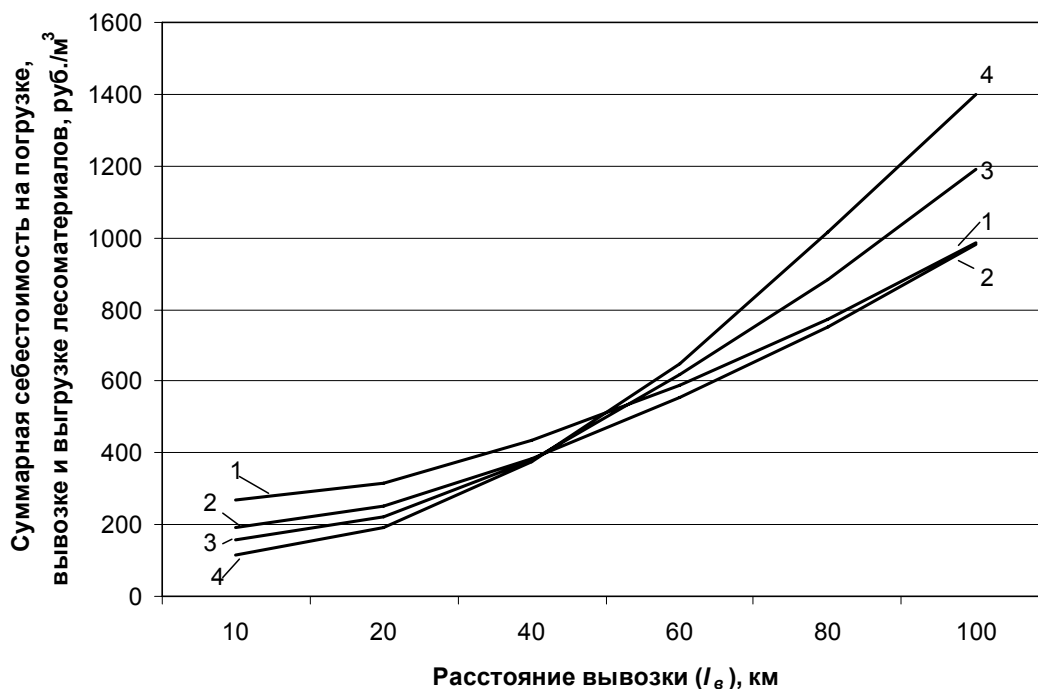


Рисунок 1 – Себестоимость вывозки 1 м^3 древесины: 1 – комплекс машин 1 (ЛТ-188, 4 автопоезда Урал 4320 + ТМ-45.05 (СЗАП-8357), КБ-572); 2 – комплекс машин 2 (тягач -трелевщик Амкодор-2243 с манипулятором повышенного вылета стрелы на погрузке; 4 автопоезда Урал 4320 + ТМ-45.05 (СЗАП-8357), Амкодор-2243 с манипуля-

тором повышенного вылета стрелы на разгрузке); 3 – комплекс машин 3 (2 автопоезда Урал 4320 + ТМ-45.05 (СЗАП-8357), 2 автопоезда Урал 4320 + ТМ-45.05 (СЗАП-8357) + АТЛАНТ-90); 4 – комплекс машин 4 (4 автопоезда Урал 4320 + ТМ-45.05 (СЗАП-8357) + АТЛАНТ-90)

Из графика следует, что наименьшая себестоимость вывозки 1 м³ древесины достигается при работе 2-го комплекса машин, состоящего из безманипуляторных автопоездов Урал 4320 + ТМ-45.05 (СЗАП-8357), загружаемых отдельным манипуляторным погрузчиком Амкодор-2243 с манипулятором повышенного вылета стрелы, что связано с высокой производительностью такой бригады. Следует также отметить возможность самостоятельного перемещения манипуляторного погрузчика из лесосеки в лесосеку без дополнительных транспортных средств.

Наибольшая себестоимость вывозки при расстоянии до 50 км у 1-го комплекса машин состоящего из челюстного погрузчика ЛТ-188, безманипуляторных автопоездов Урал 4320 + ТМ-45.05 (СЗАП-8357) и крана КБ-572 на разгрузке. Это обусловлено, прежде всего, тем, что при погрузке используется челюстной погрузчик, перемещаемый при перебазировке дополнительным транспортным средством. При расстоянии вывозки свыше 50 км наибольшая себестоимость вывозки у 4-го комплекса машин – манипуляторных автопоездов Урал 4320 + ТМ-45.05 (СЗАП-8357), загружаемых собственным манипулятором АТЛАНТ-90.

Лесотранспортный цикл в большинстве случаев является самым затратным звеном в лесозаготовительном процессе. В себестоимости 1 м³ древесины транспортные расходы достигают 50%. Наиболее устойчиво и эффективно работают те лесозаготовительные предприятия, которые имеют хорошие дороги и производительные транспортные и погрузочные средства.

Приведенный анализ свидетельствует об экономической эффективности использования мобильных погрузчиков манипуляторного типа для погрузки и разгрузки автолесовозных поездов, особенно в условиях частых перебазировок комплексных лесозаготовительных бригад.

Шишкина С.Б., Ветошкин Ю.И., Яцун И.В., Соломеин К.С.

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) shesveta.81@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ОТ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО МИНЕРАЛА

**ASSESSMENT OF X-RAY PROTECTIVE ABILITY OF PAINT AND
VARNISH COMPOSITION WITH NATURAL MINERAL BASEMENT**

Рентгеновские лучи нашли весьма широкое применение во многих отраслях промышленности, медицине, системах контроля. Наряду с положительным эффектом их использования проявляется и негативное воздействие на живые организмы. Поэтому

при использовании на практике рентгеновских лучей применяется защита, выполненная в виде различных защитных материалов [1].

Защитный материал [2] – это вещество, предназначенное для использования в целях ослабления воздействия любого вида излучений.

Разработка новых защитных материалов, а особенно защитных лакокрасочных композиций, простых в изготовлении и применении, относительно дешевых, с высокими эстетическими показателями, является важной задачей и перспективным направлением в модернизации оснащения и комплексной отделке рентгенкабинетов и других специализированных помещений.

Кафедра механической обработки древесины УГЛТУ в течение нескольких последних лет разработала ряд рентгенозащитных материалов, в том числе и лакокрасочную композицию (ЛКК) на основе природного минерала. Для практического подтверждения наличия защитных свойств образцы покрытия различной толщины на основе предлагаемой лакокрасочной композиции прошли рентгенографические испытания при различных режимах облучения на диагностическом рентгеновском цифровом аппарате «Пульмоскан-760 У» [3].

Большинство современных рентгеновских установок являются цифровыми, и в отличие от аналоговых аппаратов формируют результаты сканирования виде цифрового растрового изображения, на котором цветовой оттенок изменяется в зависимости от пропускной способности спроецированного участка исследуемого объекта. Для количественного анализа рентгенозащитных свойств объекта, необходимо сравнить численные значения цветового оттенка области изображения, на которую спроецирован объект и области прямого воздействия излучения на регистрирующие элементы дозиметра.

Цифровые растровые изображения представляют собой матрицу элементарных единиц – пикселей, каждый из которых обладает собственным цветом. Определяя значение глубины цвета каждого конкретного пикселя, и оценивая светлоту различных областей изображения можно определять относительное изменение интенсивности (кратность ослабления [4]) рентгеновских лучей при прохождении через объект.

Кратность ослабления, у.е., в таком случае будет определяться по формуле:

$$K_{i\tilde{n}\tilde{e}} = \frac{(2^D - 1) - d_{\tilde{o}}}{(2^D - 1) - d_{i\tilde{a}}}, \quad (1)$$

где D – глубина канала изображения, бит;

$d_{\tilde{a}}$ – значение глубины цвета фона, т.е. участка прямого воздействия;

$d_{\tilde{o}}$ – значение глубины цвета участка соответствующего объекту.

Необходимо отметить, что на пути преобразования энергии фотонов излучения в конкретные значения глубины цвета пикселя изображения происходит множество физических процессов, которые могут вызвать искажение результатов (ошибки аналого-цифрового преобразования, скрытые дефекты исследуемого объекта, дефекты матрицы дозиметра и т.д.), поэтому для уменьшения погрешности эксперимента в целом, необходимо измерять среднее арифметическое значение глубины цвета массива пикселей которые принадлежат к определенной области изображения.

Опыт проведения подобного анализа показывает, что различные снимки, выполненные в одинаковых условиях, имеют отличие цветового оттенка одних и тех же участков в пределах 1-2%, поэтому нежелательно сравнивать результаты измерений, полученные с разных снимков. Это особенно важно при определении эквивалентов по ос-

лаблению относительно других материалов (чаще всего определяют свинцовый эквивалент). В этом случае эталонные образцы должны присутствовать на каждом снимке.

К достоинствам данного вида оценки цифровых изображений относится более высокая скорость обработки, возможность автоматизации процесса программными средствами ЭВМ, а так же отсутствие необходимости использования специального оборудования для обработки пленочных снимков.

Используя данный метод оценки цифровых изображений были определены защитные свойства ЛКК на основе природного минерала в сравнении со свинцовой пластиной толщиной 1 мм. Зависимость кратности ослабления рентгеновского излучения от толщины покрытия при различных режимах мощности излучения представлена на рис.1.

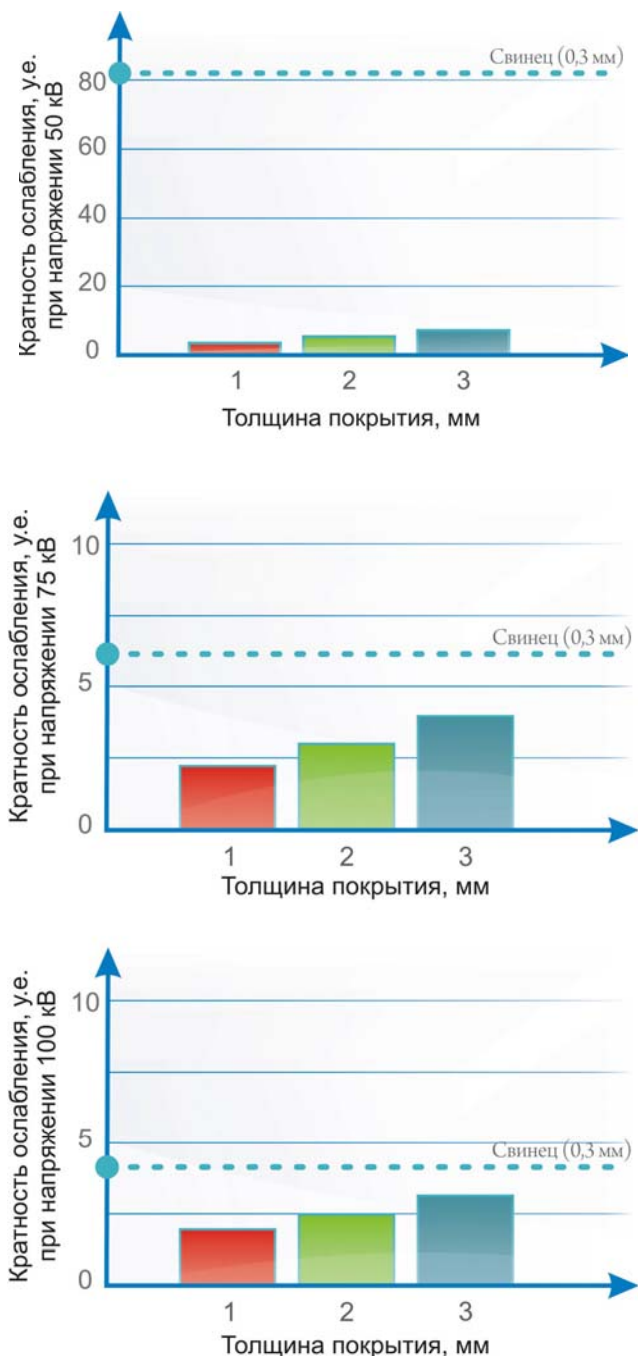


Рисунок 1- Зависимость кратности ослабления рентгеновского излучения при различных режимах мощности излучения

Библиографический список

1. Аглинцев К.К. Дозиметрия ионизирующих излучений. – М.; Технико-техническая литература, 1957. – 503 с.
2. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований.
3. Технические условия эксплуатации аппарата рентгеновского цифровой диагностики «Пульмоскан-760 У».
4. Средства защиты от рентгеновского излучения в медицинской диагностике. Часть 1. Определение ослабляющих свойств материалов. ГОСТ Р 51532-99 (МЭК 61331-1-94)
5. Ветошкин Ю.И., Яцун И.В., Чернышев О.Н. Конструкции и эксплуатационно-технологические особенности композиционных рентгенозащитных материалов на основе древесины – Екатеринбург, УГЛТУ, 2009. - 148с.

Бетковский В.В., Самойленко С.А., Гиндулин И.К., Юрьев Ю.Л.
(УГЛТУ, Екатеринбург, РФ), betkovski@mail.ru

ТЕРМОМОДИФИЦИРОВАННАЯ ДРЕВЕСИНА *THERMO-MODIFIED WOOD*

Разработанная технология позволяет производить тепловую дегидратацию древесины. В результате такой обработки получается термомодифицированная древесина, обладающая повышенной устойчивостью к гниению. Гарантированный срок службы такой древесины может достигать 300 лет, при этом нет необходимости в применении специальных химических пропиток.

Теплопроводность термомодифицированной древесины по сравнению с древесиной высушенной традиционными способами на 30% ниже, что делает ее незаменимой при изготовлении оконных рам, наружных дверей и других элементов подверженным контактам с атмосферой и от теплопроводности которых в значительной степени зависит и качество жизни в построенных домах.

Технология ускоренной сушки древесины позволяет снизить время сушки пиломатериалов в несколько раз по сравнению с традиционными способами. При этом гарантируется отсутствие дефектов, характерных для традиционных скоростных способов сушки – появление внутренних и наружных трещин, скручивание древесины («винтообразность»), поперечные («сабли») и продольные («лыжи») деформации, выпадение сучков, образование высоких остаточных напряжений, приводящих при дальнейшей обработке древесины к значительным деформациям. Также разработанная технология ускоренной сушки древесины позволяет сушить круглые лесоматериалы и брус размерами до 150 мм.

Высушенная по технологии ускоренной сушки древесины древесина не подвергается короблению, полностью и стабильно сохраняет свои размеры в процессе всего срока эксплуатации.



Отсутствие после сушки древесины остаточных напряжений, позволяет снизить припуски на механическую обработку изделий и повысить качество обработки деталей. Повышенная теплопроводная способность получаемой древесины позволяет изготавливать уникальные по своим свойствам, не имеющие аналогов в мировой практике, товары для отдыха, туризма, охоты и рыболовства.

Таблица 1 – Параметры технологического процесса

Наименование параметра	Ед. изм.	Значение параметра	Примечания
Энергозатраты процесса	кВт/кбм	220-280	На объем древесины по входу.
Продолжительность сушки пиломатериалов	час	26-30	От начальной естественной влажности 55÷60% до мебельной влажности 4÷6% Возможна сушка пиломатериалов больших сечений
Хвойные, толщина 25 мм			
толщина 50 мм	час	40-48	
Осиновые, толщина 25 мм	час	24-26	
толщина 50 мм	час	40-46	
Березовые, толщина 25 мм	час	30-36	
толщина 50 мм	час	48-52	

Технология ускоренной сушки древесины является технологическим прорывом в области производства сухих пило- и лесоматериалов и внедрена в сушильных камерах, позволяющих реализовать все вышеуказанные преимущества получаемых материалов. Камеры изготавливаются из коррозионностойких материалов. Достигается стабильность технологического процесса и качества получаемых материалов.

Таблица 2 – Сушильные камеры УСД

№ п/п	Наименование параметра	Вихрь – 2-1,6	Вихрь – 4,5-3,2	Вихрь – 9-6,2	Примечание
1	Объем камеры, куб.м.	1,9	4,6	8,9	
2	Длина камеры	1,6	3,2	6,2	
3	Производительность, куб.м. в месяц	28,0	90,0	160,0	При средней толщине пиломатериалов 28 мм, и при сушке до мебельной влажности
4	Электрическая мощность нагревателей, кВт	12,0	24,0	48,0	
5	Электрическая мощность прочего оборудования, кВт	1,5	2,5	4,8	
6	Стоимость при комплектации электрическим нагревом	1280,0	1850,0	3220,0	
7	Стоимость при комплектации системой нагрева на твердом или жидком топливе	--	2150,0	3670,0	

Дроздова Н.А., Макарова К.Ю., Панова Т.М.
 (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) bluestones@mail.ru

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКТИВНОГО УГЛЯ ОУ-А ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
 КОЛЛОИДНОЙ СТОЙКОСТИ ПИВА
 USING OF ACTIVE CHARCOAL OU-A FOR BEER COLLOIDAL
 STABILITY**

Одним из основных показателей, определяющих сроки хранения пива, является его коллоидная стойкость. Пиво представляет собой полидисперсную систему, в которой вещества находятся в растворенном, коллоидном и взвешенном состоянии и под воздействием некоторых факторов, таких как свет, перепады температуры, встряхивание, контакт с металлическими поверхностями, наличие окислителей и других, вызывают дестабилизацию этой системы, что приводит к появлению помутнений физико-химической природы.

Анализ помутнений показал, что основными компонентами, вызывающими коллоидные помутнения являются высокомолекулярные фракции белков и некоторые вещества полифенольной природы, в частности антоцианогены, переходящие в пиво из цветочных пленок ячменного солода. В настоящее время для стабилизации пива используются методы сепарации, фильтрации, мембранные, сорбционные методы, применение стабилизаторов.

В данной работе изучалась возможность использования древесных модифицированных углей для стабилизации коллоидной стойкости пива.

На основании того, что полипептиды и полифенолы, представленные в пиве, характеризуются молекулярной массой 60 000 г/моль и более, желателно использовать древесные угли с высоким содержанием мезопор. Таким требованиям отвечают осветляющие угли, полученные при дополнительной активации древесных активных углей.

По физико-химическим показателям активный осветляющий древесный порошкообразный уголь должен соответствовать требованиям ГОСТ 4453.

При исследовании в качестве варьируемых факторов изучалось влияние продолжительности обработки, дозировки и природы сорбента.

В качестве сорбентов использовались:

- кизельгур, который является основным сорбентом, имеющим практическое применение в производстве пива;

- древесный активный осветляющий уголь.

В качестве объекта исследования использовали нефилтрованное пиво производства Полевского пивзавода, пиво ООО «Эталон-продукт» (г. Заречный) и пиво частной пивоварни «Дикий хмель».

Все анализы проводились с использованием химических и физико-химических методов исследования.

Чтобы исключить влияние процессов, протекающих при перемешивании пива при заданной продолжительности, параллельно исследовали пиво без добавления сорбентов.

Содержание высокомолекулярных белков оценивалось в пересчете на сывороточный альбумин, а полифенолов – в пересчете на кверцетин.

Как показали данные обработки пива производства ООО «Эталон-продукт» (рис.1), кизельгур практически не обладает сорбционным действием по извлечению полифенолов, в то время как сорбция углем протекает достаточно интенсивно, что подтверждает высокую сорбционную активность осветляющего угля.

Дозировка внесения угля заметного влияния не оказывает, что свидетельствует о высокой сорбционной емкости угля.

Анализируя результаты обработки пива разных производителей (рис.2) можно сделать вывод, что характер зависимости остается неизменным.

Результаты обработки пива, представленные на графике, показали, что оба сорбента - как кизельгур, так и уголь, обладают хорошей сорбционной активностью по извлечению высокомолекулярных белков. С увеличением продолжительности обработки эффективность действия угля по сравнению с кизельгуром заметно возрастает. С повышением дозировки внесения угля степень извлечения полипептидов увеличивается незначительно.

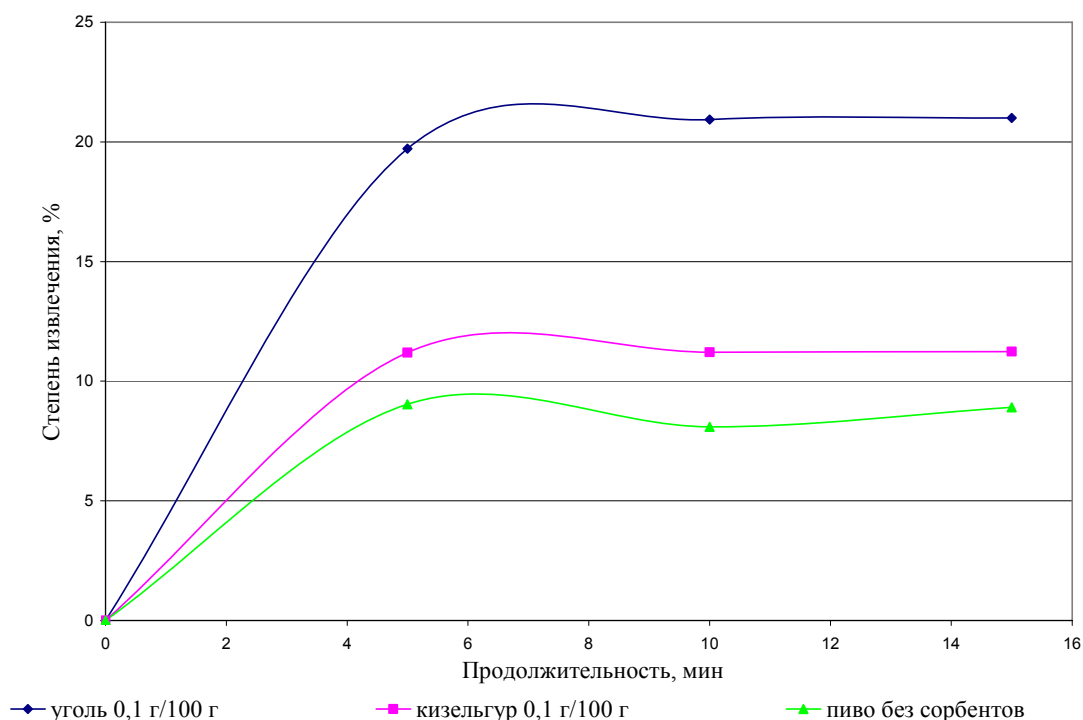


Рисунок 1 – Влияние дозировки сорбента и продолжительности обработки на степень извлечения полифенолов из пива производства ООО «Эталон-продукт»

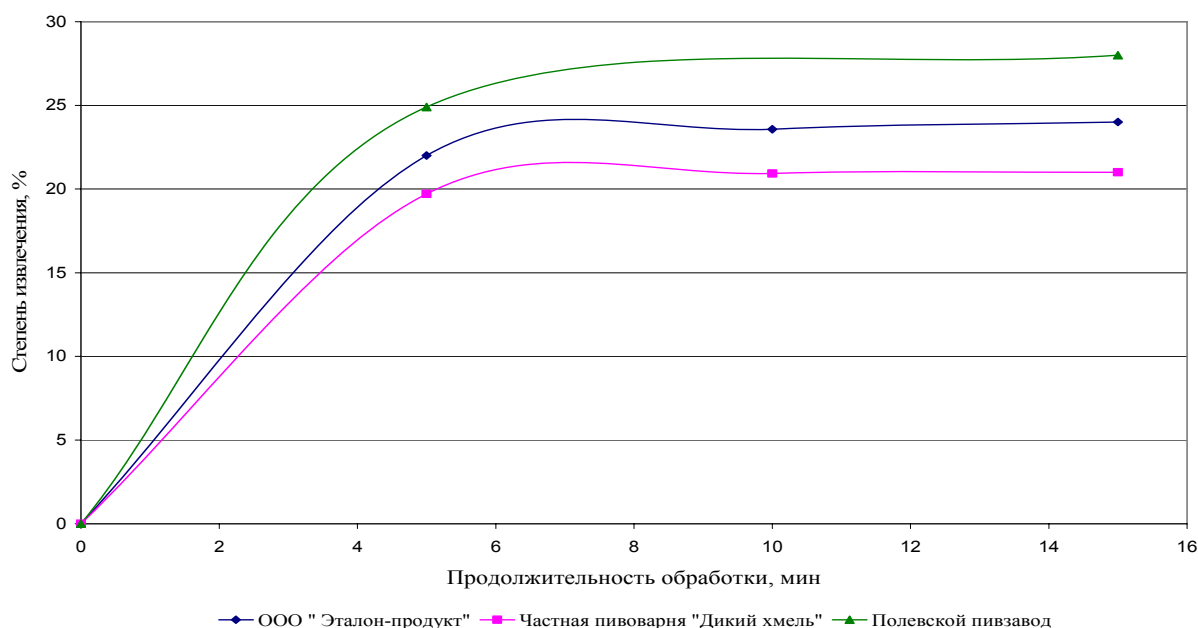


Рисунок 2 – Зависимость степени извлечения полифенолов от продолжительности обработки осветляющим углем пива разных производителей (дозировка угля 0,1 г/100 г пива)

Активные угли обладают ионообменными свойствами, которые могут повлиять на окислительно-восстановительные свойства пива. Окислительно-восстановительные свойства пива отражают состояние его окисленности и имеют непосредственное отношение к стойкости.

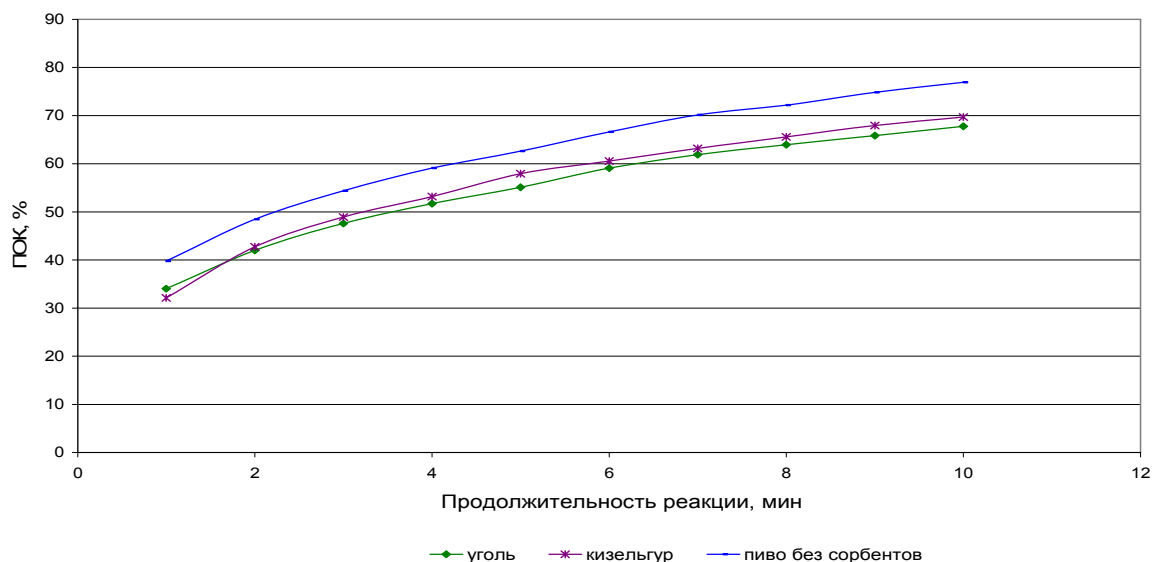


Рисунок 3 – Динамика восстановления индикатора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия при обработке пива в течение 5 минут

Количество редуцирующих веществ, обуславливающих окислительно-восстановительные свойства пива, определяли по скорости обесцвечивания (восстановления) пивом определенного количества индикатора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия.

Таким образом, скорость восстановления индикатора (или показатель обесцвечивания красителя ПОК) является мерой концентрации и природы восстанавливающих веществ в данном образце пива.

Динамика восстановления индикатора при обработке пива в течение 5 минут (рис.3) показывает, что оба сорбента (кизельгур и уголь) вызывают незначительное снижение восстановительных свойств пива по сравнению с контролем.

При обработке пива углем продолжительностью 15 минут (рис. 4) степень снижения ПОК проявляется значительно, что связано с протеканием процессов сорбции некоторых полифенолов и меланоидинов, обладающих высокими редуцирующими свойствами.

В результате этого можно сделать вывод, что продолжительность обработки пива углем не должна превышать 10 минут.

Т.К. осветляющий уголь может привести к заметному снижению цветности пива, нами было изучено влияние дозировки сорбента и продолжительности обработки на цветность пива (рис.5).

При обработке полученных результатов были получены следующие математические модели:

- Уравнение регрессии по содержанию полифенолов:

$$y = 0,849 - 0,059x_1 + 0,001x_2 + 0,06x_1x_2$$

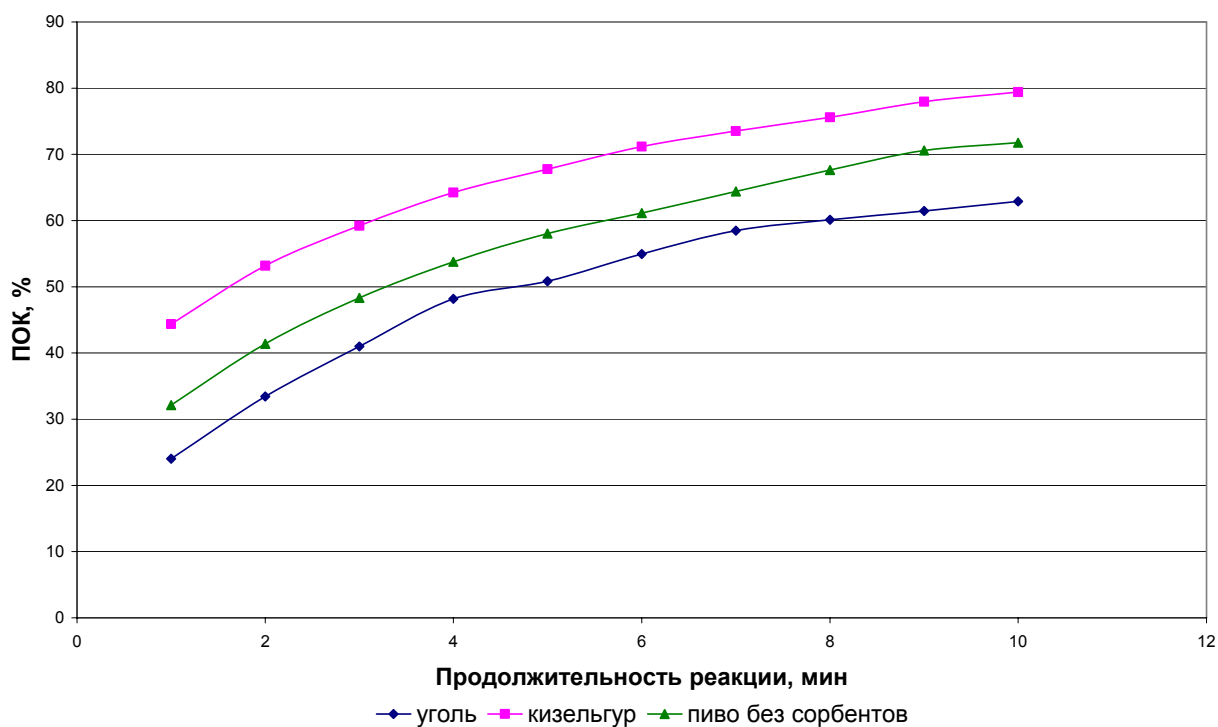


Рисунок 4 – Динамика восстановления индикатора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия при обработке пива в течение 15 минут

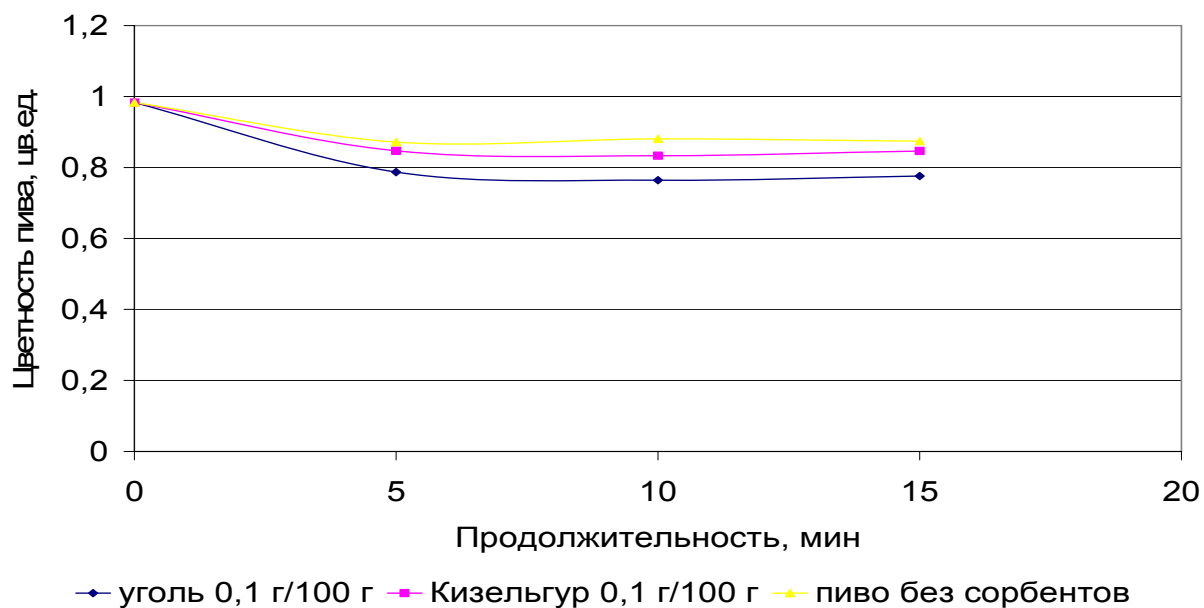


Рисунок 5 – Влияние условий обработки пива на его цветность

Как видно из графика (рис. 5), полученные значения находятся в пределах, допустимых ГОСТ Р 51174, по которому цветность пива не должна быть ниже 0,5 цв.ед..

После каждой обработки пиво исследовалось на содержание компонентного состава на анализаторе качества пива «Колос», который показал (рис.6), что снижение содержания этилового спирта после 15 минутной обработки составило менее 2% от концентрации этанола в исходном пиве, причём, половина от этого количества связано с потерей спирта в результате перемешивания.

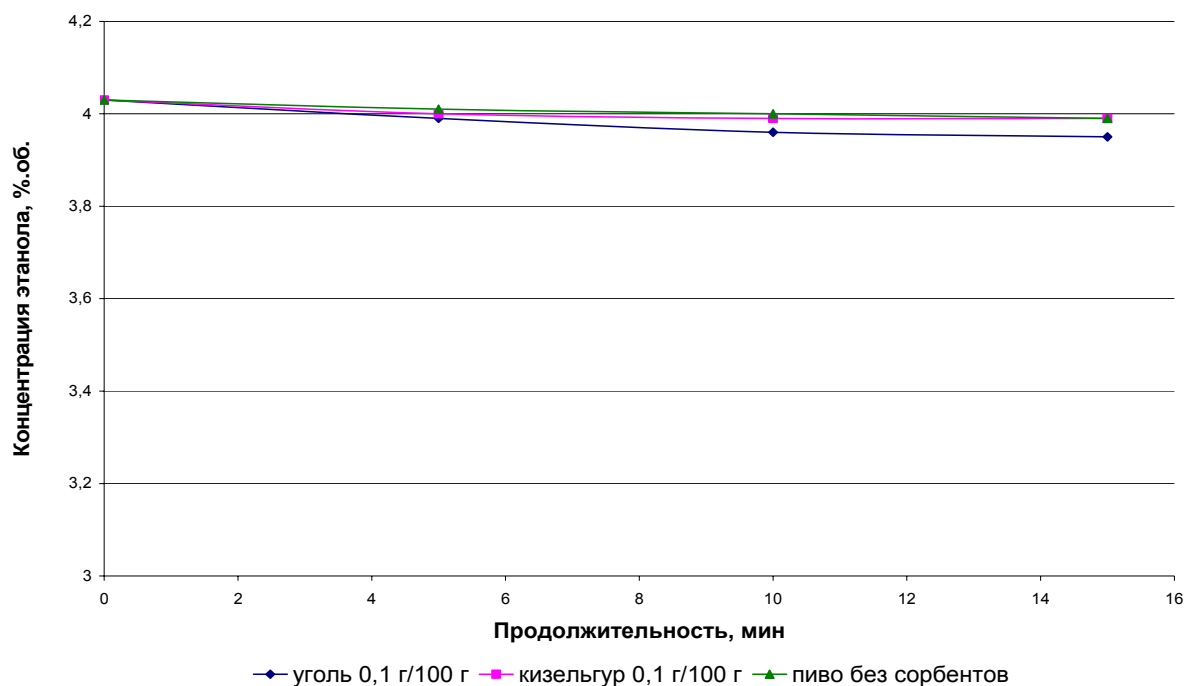


Рисунок 6 – Влияние продолжительности обработки пива на содержание алкоголя

- Уравнение регрессии по содержанию белков чувствительных к танину:
 $y = 0,294 - 0,044x_1 + 0,05x_2 + 0,04x_1x_2$
- Уравнение регрессии по содержанию алкоголя в пиве:
 $y = 4,324 - 0,013x_1 - 0,054x_2 - 0,034x_1x_2$
- Уравнение регрессии по цветности пива:
 $y = 0,954 - 0,00058x_1 - 0,0274x_2 + 0,0089x_1x_2$
 где: x_1 - продолжительность действия сорбента,
 x_2 – дозировка сорбента,

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что древесный активный осветляющий уголь марки ОУ-А может быть рекомендован в качестве сорбента для увеличения коллоидной стойкости пива.

Плешкова Н.В., Бесхлебная А.С., Юрьев Ю.Л.
 (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) usn77@mail.ru

ПЕРЕРАБОТКА НЕЛИКВИДНОЙ ЛИСТВЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ НА БИОТОПЛИВО RECYCLING ILLIQUID HARDWOOD FOR BIOFUELS

В условиях постоянного роста потребления энергии производство биотоплива принимает все большее значение.

Биотопливо - это топливо, получаемое из биологически возобновляемого сырья или получаемое с помощью биологических объектов.

Биотопливо первого поколения

Биотопливом первого поколения являются дрова, солома, навоз и все что первоначально человек использовал для получения энергии и тепла.

Биотопливо второго поколения

Биотопливо второго поколения — различные топлива, полученные различными методами пиролиза биомассы, или другие топлива, отличные от метанола, этанола, биодизеля.

Биотоплива третьего поколения

Биотоплива третьего поколения - топлива, полученные из водорослей.

Биотопливо четвертого поколения

Водоросли, которые не только преобразуют углекислый газ в масла, но и выделяют эти масла непосредственно в окружающую водную среду.

Одним из главных преимуществ биотоплива называют сокращение выбросов парниковых газов. Это, однако, не означает, что при сгорании биотоплив образуется меньше диоксида углерода (хотя и такое возможно). При сгорании биотоплива в атмосферу возвращается углерод, который ранее поглотили растения, поэтому углеродный баланс планеты остаётся неизменным. Ископаемые топлива - совсем другое дело: углерод в их составе миллионы лет оставался "законсервированным" в земных недрах. Когда он попадает в атмосферу, концентрация углекислого газа повышается.

В том, что касается вредных выбросов, биотопливо несколько выигрывает у нефтяного. Большинство исследований показывают, что биотопливо обеспечивает снижение выбросов монооксида углерода и углеводородов. Кроме того, биотопливо практически не содержит серы. Вместе с тем, несколько увеличивается выброс оксидов азота, вдобавок, при неполном сгорании многих биотоплив в атмосферу попадают альдегиды. Но, в целом, по уровню вредных выхлопов биотопливо выигрывает у нефтяного.

Биотопливо различается по агрегатному состоянию:

твердое, газовое, жидкое биотопливо и биоэтанол.

Мировое производство биоэтанола в 2005 составило 36,3 млрд литров, из которых 45 % пришлось на Бразилию и 44,7 % — на США. Этанол в Бразилии производится преимущественно из сахарного тростника, а в США из кукурузы.

Основные виды жидкого биотоплива:

Биометанол

Промышленное культивирование и биотехнологическая конверсия морского фитопланктона рассматривается как одно из наиболее перспективных направлений в области получения биотоплива.

Первичное производство биомассы осуществляется путем культивирования фитопланктона в искусственных водоемах, создаваемых на морском побережье.

Вторичные процессы представляют собой метановое брожение биомассы и последующее гидроксирование метана с получением метанола.

Биобутанол

Бутанол может использоваться в топливных элементах, и как сырьё для производства водорода.

Сырьём для производства биобутанола могут быть сахарный тростник, свекла, кукуруза, пшеница, маниока, целлюлоза.

Диметиловый эфир

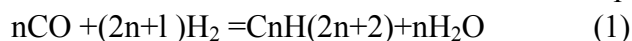
Диметиловый эфир (ДМЭ) — C_2H_6O .

Может производиться как из угля, природного газа, так и из биомассы

Биодизель

По нашему мнению, наиболее перспективным для Уральского региона является получение жидкого биотоплива из древесных отходов и неликвидной древесины.

В основе получения биодизеля из синтез-газа лежит синтез Фишера-Тропша.



Побочными реакциями синтеза углеводородов из CO и H_2 являются:



Повышение общего давления в системе способствует образованию более тяжелых продуктов, а увеличение парциального давления водорода в синтез-газе благоприятствует образованию алканов.

Реальный состав продуктов синтеза углеводородов из CO и H_2 существенно отличается от равновесного. На распределение продуктов оказывают влияние природа катализатора и условия синтеза. Существенным отличием углеводородных продуктов синтеза Фишера-Тропша от нефтепродуктов является отсутствие в них серы, азотсодержащих, а в ряде случаев и ароматических соединений, что существенно повышает их экологическую ценность.

На рисунке представлена 3D модель производства жидкого биотоплива из древесины

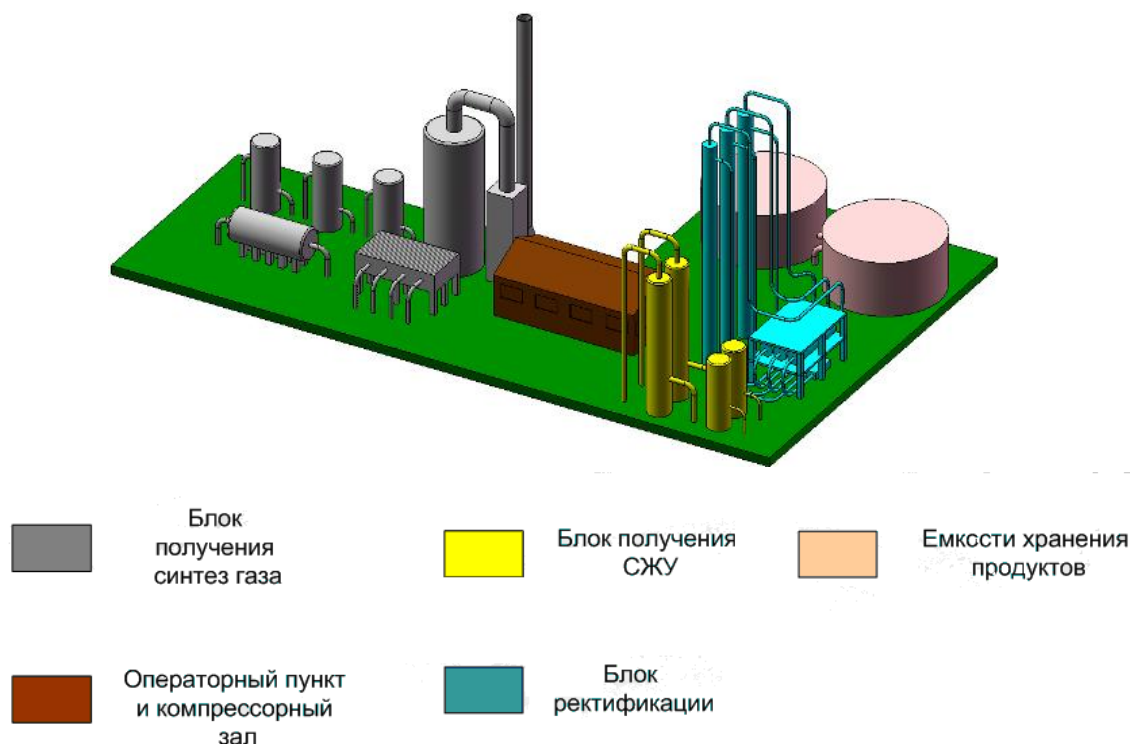


Рисунок 1 – 3D модель производства жидкого биотоплива

Блок получения синтез-газа

- компримирование сырьевого газа до 2,5 МПа;

- адсорбционная сероочистка газа на цинковом поглотителе для предотвращения отравления чувствительного к сере катализатора;

- предриформинг сырьевого газа (преобразование тяжелых углеводородов в метан) на базе паровой конверсии под давлением 2,5 МПа при температуре ~ 400÷430°C в присутствии никелевого катализатора;

- пароуглекислотная каталитическая конверсия метана под давлением 2,5 МПа при температуре 830÷850°C в присутствии никелевого катализатора;

- рекуперация тепла конвертированного газа с выработкой водяного пара для технологических нужд установки.

Блок синтеза жидких углеводородов

- компримирование конвертированного газа до давления 2,9 МПа, охлаждение до $t=35^{\circ}\text{C}$, отделение влаги и подача газа в отделение синтеза жидких углеводородов;

- абсорбционная очистка конвертированного газа от двуокиси углерода раствором метилдиэтанолamina (МДЭА) под давлением 2,9 МПа при температуре 45°C;

- синтез углеводородов при давлении 2,0-2,5 МПа и температуре 210°C в трубчатом реакторе;

- выделение образовавшейся в результате химических реакций воды смеси углеводородов.

Блок облагораживания и ректификации СЖУ

- выделение части твердых парафинов из смеси жидких углеводородов и облагораживание СЖУ в комбинированном реакторе изомеризации;

- конденсация облагороженной СЖУ и ректификация с получением товарных моторных топлив.

Заключение

Производство биотоплива:

- создает автономные источники энергии в местах её недостатка;

- помогает решить проблему освоения малозаселенных лесных территорий (Сибири и дальнего востока);

- решает вопрос утилизации древесных отходов;

- повышает уровень занятости населения и создает новые рабочие места.

Пономарев О.С., Юрьев Ю.Л.

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) oleg_spanki@mail.ru

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНОУГОЛЬНЫХ БРИКЕТОВ ECONOMIC EFFICIENCY OF CHARCOAL BRIQUETTES MANUFACTURING

В развитых странах основная часть древесного угля (ДУ) поступает на рынок в виде древесноугольных брикетов (ДУБ).

ДУБ перед кусковым ДУ имеют следующие преимущества:

- сырьем для производства ДУБ могут служить отходы лесопиления и деревообработки вне зависимости от породы древесины, а также мелкий и некондиционный уголь;
- вследствие повышенной механической прочности и высокой плотности увеличивается дальность экономически оправданной транспортировки;
- потребительские свойства ДУБ в отличие от свойств кускового ДУ можно регулировать в широких пределах.

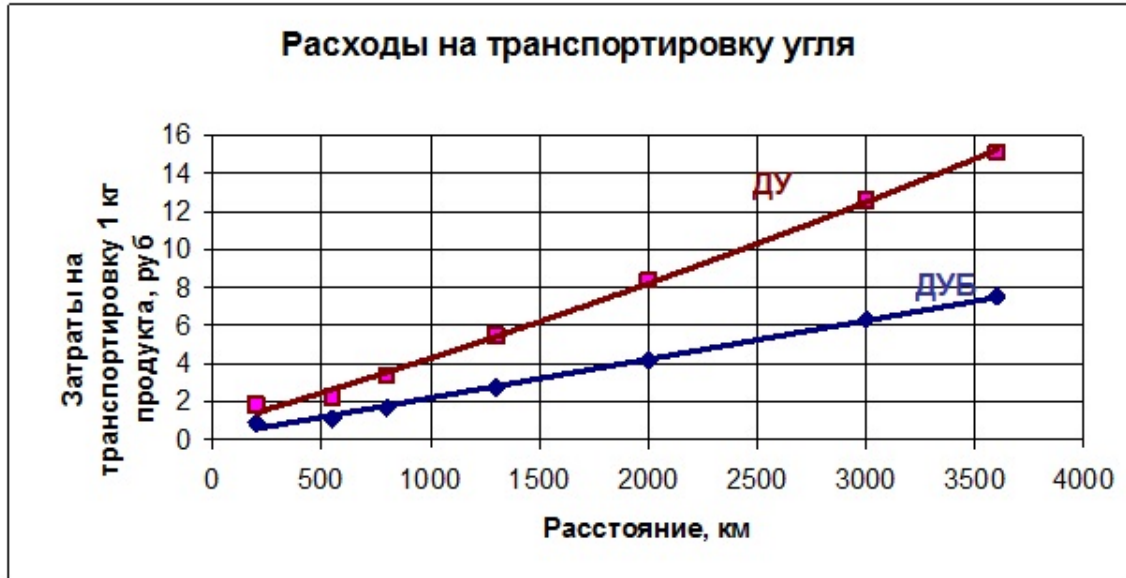


График 1 - Расходы на транспортировку угля

Изменение удельных транспортных затрат при перевозке ДУБ и кускового ДУ показано на графике 1. Из графика видно что перевозка ДУБ обходится примерно в 2 раза дешевле, чем у кускового ДУ. Нами принято, что для осуществления безубыточных продаж стоимость транспортировки не должна превышать в среднем 4 руб./кг.



Рисунок 1 – Район безубыточных продаж

На рисунке 1 показан район безубыточных продаж в зависимости от места расположения производства ДУ и ДУБ (красная линия - ДУБ, синяя - ДУ). Как видно из рисунка производимые в Санкт-Петербурге брикеты можно экспортировать в Норвегию, Швецию, Данию, Германию, Венгрию; производимые в Краснодаре брикеты в Грецию, Италию, Словакию, Австрию, Кипр, Ливию, Египет, Израиль, Сирию, Турцию и Иран. Из Екатеринбурга можно экспортировать брикеты в Казахстан. из Хабаровска в Китай, Ю.Корею и Японию. Из рисунка видно, что дальность перевозки брикетов примерно в 2 раза выше, чем для кускового угля.

Нами разработан способ производства ДУБ, где в качестве связующего используется капельная фаза парогазовой смеси (ПГС), образующейся при пиролизе древесины. В состав ПГС входят: отстойная и растворимая смола – 2,4% и 1,7% соответственно, кислоты - 0,7%, вода – 27% и газы пиролиза – остальное.

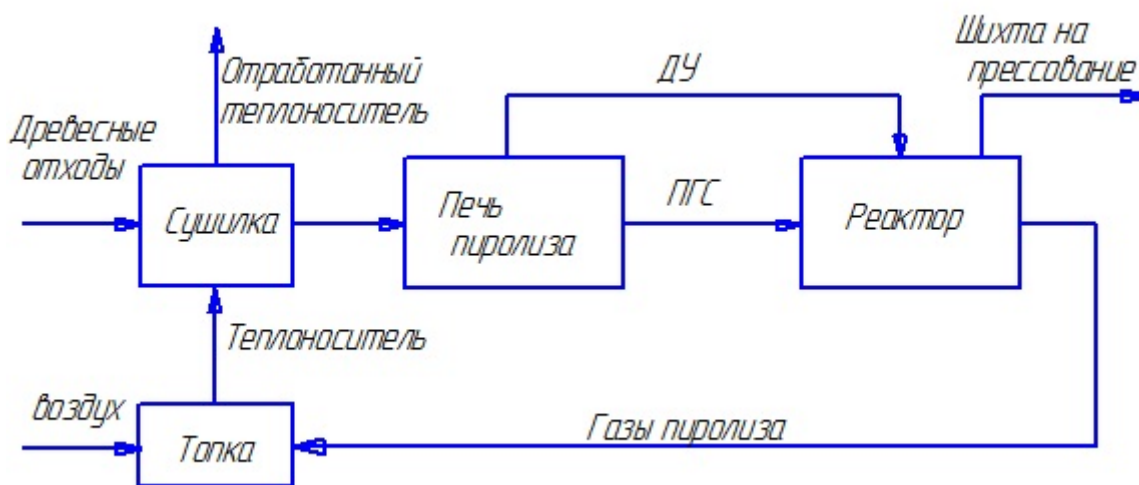


Рисунок 2 – Принципиальная схема получения шихты для брикетирования

Древесные отходы загружаются в печь пиролиза, затем полученный ДУ загружают в реактор, а в печь пиролиза загружают следующую партию отходов. Во время пиролиза парогазовая смесь (ПГС), выделяющаяся из печи, проходит через реактор (рисунок 2). Смолы и часть кислот конденсируются на ДУ, а газы пиролиза подаются в топку печи пиролиза, где сжигаются. Затем уголь с осажденной смолой, полученный в реакторе, направляют на брикетирование.

Издержки производства ДУБ связаны в основном с затратами на сырье и энергоресурсы. В таблицах 1 и 2 приведены нормы расхода сырья, вспомогательных материалов и энергоресурсов по предлагаемой нами технологии и существующей технологии (Амзинский ЛК).

Таблица 1 – Нормы расхода сырья, вспомогательных материалов и энергоресурсов на 1 тонну ДУБ по предлагаемой технологии.

	ДУ, кг	Парогазовая смесь, кг	Вода, м ³	Электроэнергия, кВт	Гофроменшки, шт.	Итого, руб.
Расход	1020	100	0,115	500	200	
Цена, руб.	8160	0	50	850	1600	10660

Электронный архив УГЛТУ

Таблица 2 – Нормы расхода сырья, вспомогательных материалов и энергоресурсов на 1 тонну ДУБ участка брикетирования Амзинского ЛК

	ДУ, кг	Крах-мал, кг	Натр едкий, техн., кг	Вода, м ³	Электроэнергия, кВт	Гофромешки, шт.	Итого, руб.
Расход	1001,2	100,1	5	0,171	600	200	
Цена, руб.	8010	1602	130	74	1020	1600	12436

Предлагаемая нами технология производства ДУБ экономически эффективней, чем технология крупнейшего производителя ДУБ, Амзинского ЛК на 14,3%.

Деревообработка в индустриальном и малоэтажном домостроении

Липунов И.Н. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА SOLUTIONS TO PROBLEMS OF UTILIZING WASTES IN FOREST- BASED INDUSTRIES

Основными источниками образования кусковых и дисперсных древесных отходов являются предприятия механической и химической переработки древесного сырья. При существующих методах переработки деловой древесины объем отходов составляет более 40 % от общего объема перерабатываемого сырья. Ежегодный прирост таких отходов в целом по стране достигает десятки млн. м³.

При механической переработке древесного сырья наибольшее количество древесных отходов образуется при производстве пиломатериалов, тары, железнодорожных шпал, паркета, шпона и фанеры. Так отходы в лесопилении составляют более 35 % от объема перерабатываемой древесины, в производстве железнодорожных шпал – до 20, а в производстве шпона и фанеры – более 60 %.

Степень использования древесных отходов чрезвычайно низка и в настоящее время в качестве вторичного материального ресурса они не находят практического применения. Большая часть из них (более 80 %) не вовлекается в дальнейший технологический передел, складировается или сжигается без утилизации тепла, что приводит к увеличению антропогенной нагрузки на окружающую среду в местах их образования. Помимо экологически неблагоприятных последствий размещение древесных отходов требует изъятия из полезного использования больших земельных площадей и значительных расходов в виде платежей на их складирование.

Традиционное использование дисперсных древесных отходов в технологии производства древесно-стружечных плит и масс древесных прессовочных не получило широкого развития в связи с использованием в качестве связующего токсичных синтетических смол.

Технологические процессы производства искусственного строительного материала из дисперсных древесных отходов на основе цемента (фибrolит, арболит), каустического магнезита (ксилолит) и бишофита (стеновые профильные детали) не нашли практической реализации. Низкие эксплуатационные характеристики получаемой продукции, высокая отпускная цена на каустический магнезит делает производство, в частности, стеновых профильных деталей нерентабельным, а выпускаемую продукцию неконкурентоспособной на рынке строительных материалов.

Использование опилок и стружки для производства топливных брикетов, сорбентов, жидкого топлива, древесной муки, целлюлозы, этилового спирта, кормовых дрожжей и других товарных продуктов не нашло практического использования.

Анализ существующих методов переработки древесных отходов, а также разработанных и предложенных к практическому использованию технологических схем по-

звояет сделать вывод об отсутствии научно обоснованных и эффективных путей и направлений утилизации таких техногенных образований.

В то же время дисперсные древесные отходы, обладая полезными свойствами, могут найти широкое практическое применение в качестве органического наполнителя для получения древесно-минеральных и древесно-органических композитов конструкционного назначения.

Последние могут быть использованы для изготовления строительных, тепло- и звукоизолирующих материалов, магнезиальных полов, профильных изделий для защиты подземных коммуникаций от коррозии, ленточных фундаментов, а также изделий, используемых в машиностроении, электроизоляционной промышленности, в строительной индустрии, в качестве товаров народного потребления.

Это направления утилизации дисперсных древесных отходов представляется наиболее экологичным, экономичным и перспективным, поскольку такие композиционные материалы можно производить, используя только техногенное сырье.

Например, древесно-минеральные композиты можно получать не на основе товарного вяжущего каустического магнезита марки ПМК-75, а используя в качестве минерального вяжущего компонента магнийсодержащие отходы, образующиеся в процессе переработки минерального сырья (природного карналлита, хризотил-асбестовой руды). Для улучшения физико-химических свойств композиционной смеси и потребительских качеств изготавливаемых изделий, можно использовать в качестве модификатора отходы, образующиеся при сжигании твердого природного углеводородного топлива.

Органическим вяжущим компонентом в процессах приготовления древесно-органических композитов могут служить надсмольные воды, образующиеся в производстве фенолоформальдегидных смол, а в качестве модификатора – измельченные отходы производства слоистых пластиков (текстолит, гетинакс).

Комплексный подход к утилизации техногенных образований означает, что назрела потребность в кооперации самых разных производств по переработке "производящих" ими отходов и эта переработка должна производиться на предприятиях отходоперерабатывающей индустрии". Создание такой индустрии позволит комплексно использовать отходы производств различных отраслей промышленности в качестве исходного сырья для получения полезных товарных продуктов.

В Уральском государственном лесотехническом университете в период 2001–2005 гг. проведен цикл исследований по комплексной переработке многофункциональных отходов предприятий лесопромышленного комплекса, цветной металлургии и теплоэнергетики в товарные продукты.

Результатом этих исследований являются составы и способы получения древесно-минеральных композиционных смесей, компонентами которых является техногенное сырье: дисперсные древесные отходы, порошок магнезиальный вяжущий (ПМВ), полученный из магнийсодержащих отходов производства металлического магния на ОАО "Корпорация ВСМПО–АВИСМА", алюмосиликатные микросферы – составная часть каменноугольной золы Рефтинской ТЭС. Разработаны и внедрены на ОАО «Корпорация ВСМПО–АВИСМА» (г. Верхняя Салда) технологии получения ПМВ, древесно-минеральной композиционной смеси и изготовления из нее строительного древесно-композиционного материала (СДКМ) с улучшенными теплофизическими ($K_t=0,12$

Вт/(м·К) и плотностными ($\rho=900-1000 \text{ кг/м}^3$) свойствами для малоэтажного домостроения [1].

СДКМ прошел испытания на токсикологические свойства и на соответствие государственным санитарно-эпидемиологическим нормам. Экологически чистый строительный материал, изготавливаемый из техногенного сырья, обладает высокой прочностью, огне- и биостойкостью и используется в качестве несущих панелей при строительстве коттеджей, промышленных зданий, гаражей, садовых домиков, хозяйственных построек.

Комплексная переработка многофункциональных отходов дает возможность получать ряд товарных продуктов. В частности, при утилизации магнийсодержащих шламов наряду с ПМВ были получены оксид магния с содержанием MgO 96.6 % по массе и карналлит, содержащий более 50 % по массе водного хлорида магния ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), которые могут быть использованы в различных отраслях промышленности [2].

Состав и свойства композиционных материалов, разработанные технологии утилизации и комплексной переработки промышленных отходов и технологическое оборудование для осуществления данных технологий защищены 18 объектами интеллектуальной собственности.

Библиографический список

1. Липунов, И.Н. Использование твердых промышленных отходов в производстве материалов строительного назначения [Текст] / И.Н. Липунов, А.А. Юпатов, В.И. Аликин. Экология и промышленность России. Январь. 2009. С.19–23.
2. Липунов, И.Н. Шламы карналлитовых хлораторов – техногенное сырье для получения товарных продуктов [Текст] / И.Н. Липунов, Ю.П. Кудрявский, Л.В. Василенко. Экология и промышленность России. Март. 2009. С. 10–13.

Угрюмов Б.И., Гаспарян Г.Д.

(ГОУ ВПО БрГУ, г. Братск, РФ) ugrum21@yandex.ru

СОСТОЯНИЕ РЫНКА ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА WOOD-FRAMED RESIDENTIAL CONSTRUCTION MARKET IN SIBERIAN FEDERAL DISTRICT

Российский рынок малоэтажного строительства характеризуется: недостаточным вводом жилой площади, низкой обеспеченностью населения жильем, старением жилого фонда.

Одними из определяющих факторов является низкая обеспеченность населения жильем. В России около 20 миллионов человек официально признаны остро нуждающимися в жилищных условиях. Численность населения, планирующее приобретение жилплощади дополнительно к имеющейся составляет 56 миллионов. Таким образом, 76

млн. человек (около 50% населения) потенциально могут являться покупателями жилой недвижимости. (1)

Общая потребность населения России в жилье составляет 1569,8 млн. кв.м., чтобы удовлетворить ее, жилищный фонд надо увеличить на 46,1%. (2)

Жилищное строительство в России с 1960-1980г.г. представляло собой возведение многоквартирных крупнопанельных домов, индивидуальное жилье практически не строилось. В настоящее время населением признается бесперспективность многоэтажного жилья как образца жилищного стандарта, а малоэтажное индивидуальное строительство заслуживает общественное признание. Современное положение в жилищном строительстве можно охарактеризовать как решительный переход от многоэтажного однотипного жилища к рынку индивидуального малоэтажного домостроения, основанного на экологических и энергосберегающих принципах.

Таким образом, малоэтажное жилищное строительство является одной из наиболее перспективных отраслей российской экономики. Оборот рынка нового малоэтажного жилищного фонда оценивается в 5-6 миллиардов евро в год (около 180 млрд. руб.) (3), тенденция роста данной отрасли сохранится и в дальнейшем, так как спрос на индивидуальное жилье в несколько раз превышает предложение.

В пояснительной записке Федеральной программы развития ЛПК РФ, утвержденной Постановлением Правительства РФ от 20.11.1995г. №1123 приводятся сведения об удельном весе малоэтажного строительства в России в 1995г., который составляет 30% от общего объема жилищного строительства. Дома малоэтажного деревянного строительства в общем объеме малоэтажной застройки в России составляют около 20% (4).

По данным Департамента строительства Министерства регионального развития доля индивидуальных малоэтажных домов в объеме вводимых жилых объектов в 2005г. составляет 40,4%. Наблюдается тенденция увеличения доли малоэтажного строительства. Так в 2005г. по сравнению с 1996г. показатель увеличивается в 6,7 раз. По прогнозам Министерства регионального развития России, к 2010г. доля малоэтажного индивидуального жилищного строительства составит примерно 52-55% (в среднем 53,5%) от общих объемов ввода (5).

По сведениям, полученным в ходе исследования рынка деревянного домостроения, проведенного ООО «Русские инвесторы - Сибирь» (6), доля деревянных домов в общем объеме строительства индивидуальных домов в России пока не превышает 8-10% (в среднем 9%), в 2010 г. удельный вес жилья из легких деревянных конструкций возрастет до 28-30 % (в среднем 29%).

Исходя из указанного, в таблице 1 представлены фактические (2005г.) и прогнозные (2010г.) данные по количеству ввода деревянного малоэтажного жилья.

Прогнозируется увеличение объемов строительства малоэтажных деревянных домов. Так, в 2005г. введено 1,57 млн. кв.м., а в 2010г. прогнозируется - 9,3 млн. кв.м. Учитывая, что за 5 лет (с 2005г. по 2010г.) прогнозируется увеличение показателя ввода жилья на 7,73 млн. кв.м., то средний ежегодный прирост ввода будет составлять 1,55 млн. кв.м.

Таблица 1 – Ввод в эксплуатацию малоэтажного жилья

№ п/п	Наименование показателя	Значение показателя	1995г. Источник информации	Значение показателя	2005г. Источник информации	Значение показателя	прогноз на 2010г. Источник информации
1	Доля малоэтажного жилья в общем объеме ввода, %	30	Федеральная программа развития ЛПК, утвержденная Постановлением Правительства №1123 от 20.11.95г.	40	Данные Департамента строительства Министерства регионального развития России (http://www.rir02.ru/newsg/ncwreg/all/page_66)	53,50	Данные Департамента строительства Министерства регионального развития России (http://www.rir02.ru/newsg/ncwreg/all/page_66)
2	Доля деревянного жилья в общем объеме малоэтажного возводимого жилья, %	20	bin/db/zakdoc? reg number=%D0 9504510)	9	http ://krasfair.ktk.ru/j ournal/main/j our nal.shtml?..analitica/analitica5 4	29,00	http://krasfair.ktk.ru/journal/mai n/journal.shtml?..analitica/analitica54
3	Ввод жилья всего, млн.кв.м.	41	Федеральная служба государственной статистики (http://www.gks.ru/scripts/db inet/ dbinetxgi)	43,60	Федеральная служба государственной статистики (http://www.gks.ru/scripts/dbin et/dbi netxgi)	59,95	расчетные данные
4	Ввод малоэтажного жилья, млн. кв.м.	12,3	расчетные данные	17,44	расчетные данные	32,07	расчетные данные
5	Ввод деревянного малоэтажного жилья, млн. кв.м.	2,46	расчетные данные	1,57	расчетные данные	9,30	расчетные данные

Таблица 2 – Прогноз ввода в эксплуатацию малоэтажных деревянных жилых домов в России

№ п/п	Наименование показателя	2005г.	2006г.	2007г.	2008г.	2009г.	2010г.	2011г.	2012г.	2013г.	2014г.	2015г.	2016г.	2017г.	10 месяцев 2018г.	2018г.
1	Ввод малоэтажных деревянных жилых домов, млн.кв.м.	1,57	3,12	4,66	6,21	7,75	9,30	10,85	12,39	13,94	15,48	17,03	15,58	20,12	18,00	21,67
2	Темп роста		1,98	1,50	1,33	1,25	1,20	1,17	1,14	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08		1,08
3	Объем ввода деревянных малоэтажных жилых домов за период с 01.01.06г.по 01.11.18г., млн.кв.м.															157,42

Как отмечалось ранее, общая потребность населения России в жилье на 01.01.06г. составляет 1569,8 млн. кв.м. Если доля малоэтажного домостроения от общего ввода жилых домов принять на уровне 50%, то потребность в малоэтажных домах составит 784,9 млн. кв.м., а потребность в деревянных малоэтажных домах -157 млн.кв.м. (принята доля деревянных домов на уровне 20%). Таким образом, по пессимистическим прогнозам без учета спроса населения, приобретающего недвижимость дополнительно к имеющейся, потенциальная емкость рынка деревянного малоэтажного домостроения составляет 157 млн. кв.м. Предполагая, что ежегодный прирост ввода домов останется на уровне 2010г. (1,55 млн. кв.м.), то можно спрогнозировать объем ввода в постпрогнозный период и определить момент насыщения рынка.

В таблице 2 представлены прогнозные данные по вводу в эксплуатацию малоэтажных деревянных домов за период с 2005-2015 гг. и указан момент удовлетворения потребности населения в малоэтажных деревянных домах (без учета населения, приобретающего дома дополнительно к имеющейся недвижимости).

Анализ рынка показывает, что сохранение фактических и прогнозных темпов возведения малоэтажных деревянных зданий, позволит обеспечить население жильем в размере 157 млн. кв.м. к 01.10.2018 г., т. е. спрос на малоэтажные деревянные дома населения, приобретающего жилье впервые, будет удовлетворен к указанному периоду. В дальнейшем предполагается, что спрос на рынке жилья будет формироваться населением, приобретающим недвижимость дополнительно к имеющейся. На данном этапе обеспечение стабильного спроса на деревянное домостроение возможно при создании конкурентных преимуществ, когда увеличение доли деревянного домостроения будет возможно при снижении доли рынка домов из прочих материалов.

Конкуренция в период насыщения рынка (2007-2018гг.) будет внутри сегмента между производителями деревянных домов, после насыщения на уровне всего рынка малоэтажного домостроения между производителями деревянных, кирпичных и из прочих материалов домов.

Структура сегмента деревянного строительства жилья по системам домостроения следующая: каркасно-панельные дома - 62,5%; дома из массивной древесины - 37,5% (7). Предполагается, что указанная динамика будет наблюдаться и в последующем. ООО «Госстрой» планирует выпуск домов из клееного бруса (массивная древесина) и домов по технологии «фахверк» (каркасно-панельное строение), что позволяет осваивать весь сегмент деревянного домостроения.

На основе информации о структуре сегмента малоэтажного деревянного домостроения можно определить прогнозные показатели ввода деревянных домов по разным системам домостроения (таблица 3).

Прогноз ввода малоэтажных жилых деревянных домов, представленный в таблице 3, определен на основе ретроспективного анализа данных о рынке и учитывает фактор платежеспособности населения, поскольку данные о вводе жилья формируется путем оценки предложения на рынке, которое подкреплено платежеспособным спросом. Таким образом, прогнозные показатели ввода малоэтажного деревянного жилья на российском рынке отражают емкость данного рынка.

Таблица 3 – Ввод деревянных малоэтажных домов по технологиям домостроения

№ п/п	Наименование показателя	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	Ввод малоэтажных деревянных жилых домов по каркасно-панельное технологии, млн. кв.м.	2,914	3,88	4,846	5,812	6,779	7,745	8,711	9,677	10,64	11,61	12,576	13,542
2	Ввод малоэтажных деревянных жилых домов из массивной древесины, млн. кв.м.	1,748	2,328	2,908	3,487	4,067	4,647	5,227	5,806	6,386	6,965	7,5456	8,125

Библиографический список

1. Источник: <http://gorod.spb.ru/text.htm?num=0604&id=20>
2. Источник: национальные проекты (http://rost.ru/projects/habitation/habl/hl_1/ahl_1.shtml)
3. Источник: <http://domwood.boom.ru/statja3.html>
4. Источник: Федеральная программа развития ЛПК, утвержденная Постановлением Правительства №1123 от 20.11.95г. (http://www.vcom.ru/cgi-bin/db/zakdoc?_reg_number=%D09504510)
5. Источник: Реалии нацпроекта: комфортное и доступное малоэтажное жилье (<http://www.rirO2.ru/newsgf/newreg/all/page66/>)
6. Источник: <http://la-asfair.ktk.ru/journal/main/journal.shtml?..../analitica/analitica54>

Шамаев В.А., Медведев И.Н., Кондратюк В.А.

(ВГЛТА г. Воронеж, РФ, ГНЦ ЛПК. г. Москва. РФ) drevstal@mail.ru

**МОДИФИЦИРОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ ДЕРЕВЯННОГО
ДОМОСТРОЕНИЯ**
*USING MODIFIED WOOD IN WOOD-FRAMED RESIDENTIAL
CONSTRUCTION*

Технологический процесс производства бруса и досок из модифицированной древесины марки Дестам для деревянного домостроения, включает следующие операции:

- изготовление черновых заготовок;
- укладка черновых заготовок в прессформы и загрузка их в автоклав;
- прогрев заготовок в растворе карбамида и сушка под механическим (гидравлическим) давлением;
- выдержка заготовок в растворе карбамида (пропитка).

Черновые заготовки подаются на место загрузки вагонеток, где тельфером укладываются в прессформы, которые устанавливаются на вагонетки. При укладке, между горизонтальными рядами заготовок укладывается галунная сетка для выхода паров воды. Прессформы имеют ширину 240 мм и высоту 180 мм, что обеспечивает получение готового бруса или доски. После оформления груза штабелей, вагонетки при помощи лебедки загружаются в полость установки. Крыша установки закрывается при помощи блокировки. Следует вакуумирование в течение 15 мин. до 80 КПа и выдержка при разряжении среды сосуда 30 мин. После выдержки подается раствор карбамида при избыточном давлении до 0,3 МПа. Расход карбамида – 10 % от массы обрабатываемой древесины. После впуска раствора карбамида следует прогрев заготовок при температуре 120°C в течение двух часов. В процессе прогрева податливость древесины увеличивается, и она становится способной к прессованию.

Прессование прогретых заготовок осуществляется в следующем порядке.

Давление при прессовании регулируется электроконтактным манометром. При достижении температуры 120°C создается удельное давление 0,1 МПа до 0,5 МПа. Последовательно давление увеличивается в зависимости от надобности вести уплотнение по заданной программе и от необходимой конечной плотности бруса или доски. Для плотности 800 кг/м³ необходимое давление прессования 0,6 МПа, которое выдерживается до достижения равновесной технологической деформации, продолжительностью 80 часов.

Установлено, что важнейшими факторами, устраняющими некоторое отрицательное действие напряжений во время прессования, является достижение высокой пластичности древесины, позволяющей получить необходимую технологическую деформацию.

Процесс сушки заготовок начинается с поднятием температуры под удельным давлением до 0,2 МПа. Качество процесса сушки контролируется и регулируется автоматически. Температура мокрого термометра 98 – 100 °С, давление в установке атмосферное. Продолжительность сушки 20 часов, конечная влажность 20 – 22 %. Это достигается благодаря соблюдению разницы показаний сухого и мокрого термометров в 10 – 14 °С во время окончательного периода сушки и охлаждения заготовок. После этого обогрев прекращается, начинается охлаждение материала. При достижении температуры 80 – 85 °С, выключаются вентиляторы установки.

Совокупное механическое и гидротермическое воздействие являются основными факторами образования модифицированной древесины Дестам в одной установке.

Разгрузка комбинированной установки: открывается крышка, прицепляется тяговый трос, включается лебёдка и выталкиваются вагонетки из полости установки на платформу, после чего штабеля разбираются с помощью тельферов. Готовые бруски или доски кран – балкой подаются в промежуточный склад для выдержки, где в течение суток находятся при окружающей температуре 16 – 20 °С и относительной влажностью 60 – 65 %.

Более подробно технология получения бруса и досок из Дестама для деревянного домостроения представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Режим одного цикла технологического процесса производства бруса из модифицированной древесины марки Дестам

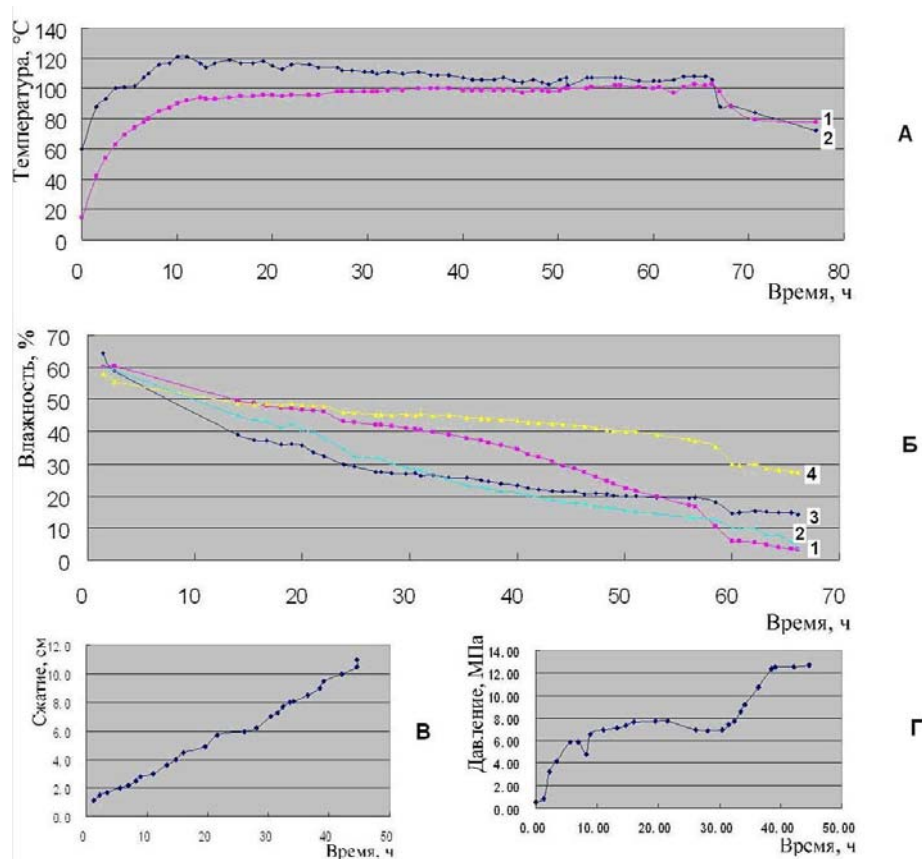
№	Наименование операций	Применяемые материалы или результат обработки	Параметры режима				Применяемое оборудование
			Влажность, %	Температура, °С	Давление, Мпа	Продолжит. мин. час	
1.	Укладка черновых заготовок на вагонетках	Черновые заготовки листовых и хвойных пород	70 – 80	Атм.	Атм.	90 мин. 1.5 час.	Вагонетки с прессформами, укладчик, тельферы
2.	Загрузка вагонеток в комбинированную установку	Те же	Та же	__//__	__//__	0.3 час.	Вагонетки и лебёдки
3.	Вакуумирование и выдерживание по вакуумом	Те же. Под прокладку крышки установки подаётся вода.	__//__	__//__	Растяж. 50-80 КПа	0.7 час	Вакуум – насос. Комбин. установка
4.	Пуск карбамида в установку и прогрев	Раствор карбамида. Заготовки	__//__	100	NH ₃ 0.2-0.3	1 час	Ресивер с раствором карбамида. Комбинированная установка
5.	Начало сушки при одновременном повышении температуры	В рубашку установки подаётся пар, P=0.3 МПа, в полость установки насыщенный пар	__//__	110=1-3 °С	NH ₃ 0.2-0.3 пар 0.3	1 час через 30 мин. по 5 мин.	Комбинированная установка. Работает вентилятор.
6.	Пьезотермообработка. Повышение температуры	В рубашку установки пар, P=0.4 МПа. Начало образования бруса.	__//__	120 2-3 °С	Мех. до 0.6	2 часа	Комбинированная установка, гидроагрегат.
7.	Поднятие температуры до режимной	В рубашку установки подаётся пар	__//__	120	Пар до 0.4	0.5 часа	Комбинир. Установка гидроагрегат
8.	Сушка под механическим давлением	Завершается образование бруса	__//__	118+2=100	Пар до 0.4	16 часов	Комбинир. Установка гидроагрегат
9.	Конечная обработка и охлаждение	Готовый брус	20 –25	10-14 конеч. 80+5	---	---	Комбинир. установка, лебёдка, платформа
10.	Открывание установки. Выгрузка вагонеток, разборка штабелей	То же	__//__	---	---	0.5 часа	То же, кран - балка

Перечень изделий из модифицированной древесины используемых в деревянном домостроении представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Изделия модифицированной древесины в деревянном домостроении

№/№	Наименование изделий	Прогнозируемый объем, м ³
1.	Балки перекрытий	3500
2.	Стропила, мауэрлаты	1800
3.	Окна	8000
4.	Двери	8000
5.	Лестницы	4200
6.	Паркет	4500
7.	Отделочные панели	3600
8.	Погонаж	1200
9.	Беседки	800
10.	Сауны	500
11.	Заборы	600
12.	Тротуары	700
13.	Черепица	800
	ИТОГО:	38200

В процессе сушки-прессования при производстве бруса и досок из модифицированной древесины марки Дестам для деревянного домостроения учитывались такие показатели как: температура воздуха в камере, влажность древесины, температура древесины при сушке-прессовании, степень прессования. Величины основных показателей процесса сушки-прессования сосны, тополя и акации представлены на рисунках 1, 2, 3.



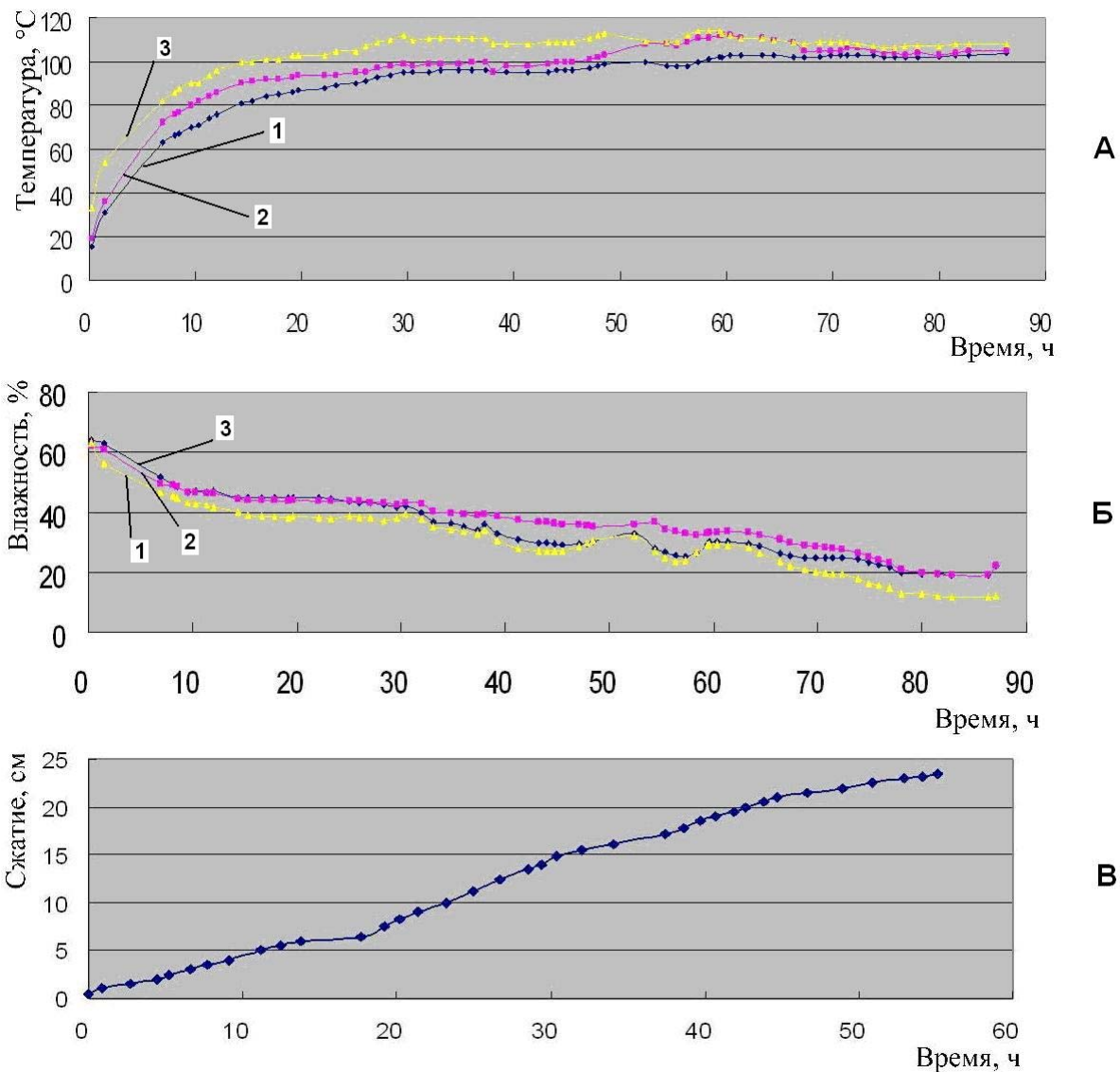
А - Данные замеров температуры:

кривая 1 - температура древесины, кривая 2 - температура воздуха в камере;

Б - кривые изменения влажности древесины в четырех точках;

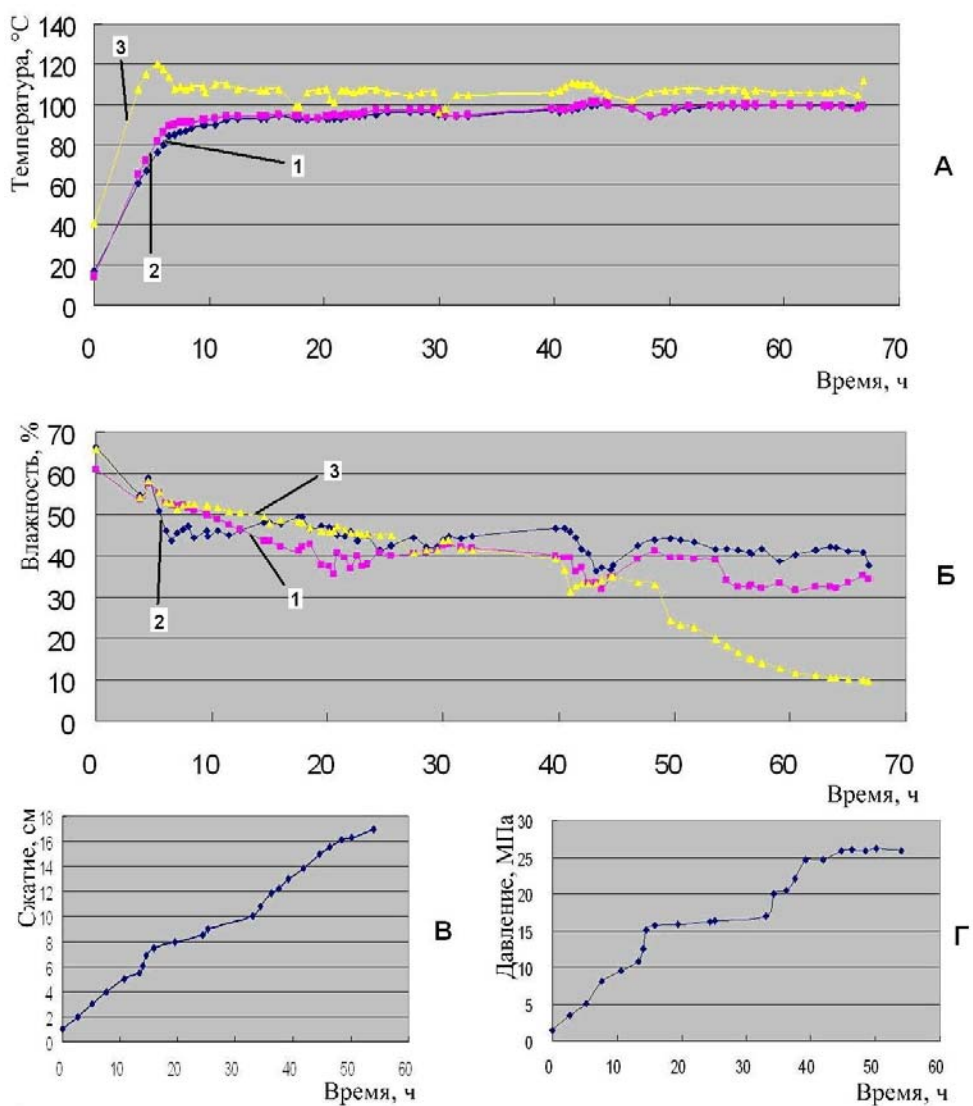
В, Г - кривые степени прессования и изменения давления на древесину

Рисунок 1 – Сушка-прессование древесины сосны



А - данные замеров температуры:
 кривая 1 - температура брусков сверху; кривая 2 - температура брусков снизу;
 кривая 3 - температура воздуха в камере
 Б - кривые изменения влажности древесины в трех точках;
 В - кривая степени прессования древесины

Рисунок 2 - Сушка-прессование древесины тополя



А - данные замеров температуры:
 кривая 1 - температура брусков сверху; кривая 2 - температура брусков снизу;
 кривая 3 - температура воздуха в камере,
 Б - кривые изменения влажности древесины в трех точках;
 В - кривые степени прессования и изменения давления на древесину

Рисунок 3 - Сушка-прессование древесины акации

Прогрессивное деревообрабатывающее оборудование и инструмент

Аникеенко А.Ф. (БГТУ, г. Минск, РБ) dosy@bstu.unibel.by

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ ФАКТОРОВ НА МОЩНОСТЬ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ *MATHEMATICAL MODEL OF RELATIONS BETWEEN BASIC VARIABLE FACTORS AND CAPACITY OF A PERIPHERAL MILLING LAMINATED WOOD PARTICLE BOARDS*

Введение

В условиях возрастающей сложности технологий по выпуску изделий, с одновременным ростом производительности оборудования и повышением качества продукции появились дополнительные требования кардинального решения по управлению производственными процессами.

Известно, что эффективность работы производства в значительной мере зависит от используемого оборудования, оснащенности его инструментом с применением рациональных режимов обработки материалов, из которых изготавливаются изделия. Данные условия работы производств, обеспечивающих выпуск конкурентной продукции, вызвали необходимость оснащения механических участков и цехов в целом современным оборудованием.

В настоящее время в деревообрабатывающей промышленности широко используются обрабатывающие центры и современное высокопроизводительное оборудование и на их основе - автоматические и поточные линии. Однако эффективность их использования в производстве сравнительно низкая. Повышение эффективности возможно за счет усовершенствования основ теории резания древесных материалов.

Наука о резании древесины и древесных композиций основывается на экспериментальных исследованиях. Результаты этих исследований обобщены в закономерности протекания процесса взаимодействия режущего элемента с объемом обработки в виде эмпирических зависимостей. Достоверность используемых формул находится в пределах изменения переменных факторов, при которых выполнены экспериментальные измерения.

Анализ основ теории резания показывает, что при разработке расчетных методов по установлению рациональных режимов механической обработки принята натуральная древесина. Рекомендации по их использованию для обработки плитных материалов, таких как древесностружечные плиты, неприменимы, так как имеет место значительное различие не только по физико-механическим свойствам, но и по структуре (строению).

Следует также отметить, что технические данные современного оборудования значительно выше ранее выпускаемого по таким основным показателям, как скорост-

ные режимы резания и точность обработанных деталей, за счет базирования заготовок и жесткости использованных механизмов.

Отмеченное направление по повышению эффективности современного оборудования вызывает необходимость проведения дополнительных экспериментальных исследований в области резания плитных материалов.

Цель исследований.

Исследования выполнены с целью получения математической модели влияния основных переменных факторов на мощность цилиндрического фрезерования ламинированных древесностружечных плит.

Изложим теоретические основы механической обработки плитных материалов.

При обработке натуральной древесины, согласно теоретическим основам резания древесины, разработанным профессором А. Л. Бершадским, можно силы резания разделить на составляющее (Рис.1.).

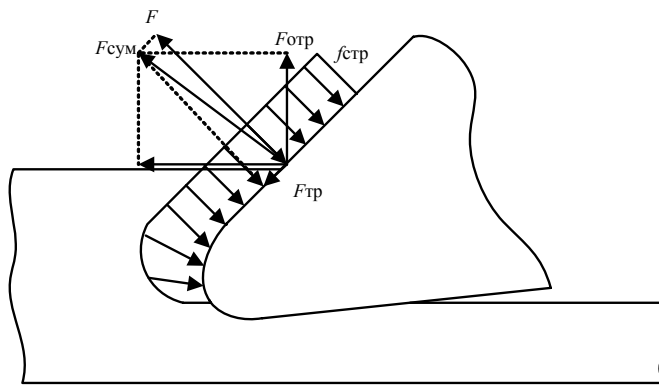


Рисунок 1 – Силы резания по передней поверхности резца

$$F_k = F_n + F_з + F_о \tag{1}$$

- где F_k – касательная сила резания, Н;
- F_n – сила резания по передней грани, Н;
- $F_з$ – сила резания по задней грани, Н;
- $F_о$ – сила резания по боковым граням. Н.

При открытом резании сила резания по боковым граням равна нулю. В то же время сила резания по передней грани (условно принята) зависит от средней толщины стружки, а сила резания по задней – от состояния главной режущей кромки. Данные предпосылки приемлемы при обработке натуральной древесины. Рассмотрим основные отличия образования сил резания при обработке натуральной древесины и древесностружечных плит.

При взаимодействии резца на переднюю поверхность оказывает давление стружка f (рис1) в виде равномерно распределенной нагрузки $f_{стр}$. Для срезания элемента стружки необходимо приложить F_1 которая для простоты представлена в виде сосредоточенной. В то же время при перемещении стружка по поверхности образуются силы трения $f_{тр}$. Силы F и $F_{тр}$ образуют суммарную силы $f_{сум}$, которая раскладывается на две составляющие: горизонтальную параллельную скорости резания и вертикальную нормальную горизонтальной. Первая сила резания названа силой резания по передней грани F_n , а вторая – силой отрыва стружки от поверхности резца и при установившемся процессе резания стружка образуется сливной.

При резании древесных композиций вследствие технологии получения плитного материала, стружка образуется в виде мелких фракций. Поэтому закономерность стружкообразования нарушается и, как следствие, силы трения практически отсутствуют. Силу резания по передней грани вызывают напряжения вызванные контактом скругленной части главной режущей кромки с объектом обработки.

Образование сил по задней грани поверхности происходит от давления на резец деформированной древесины (рис 2.)

При движении резца точечным контактом резца древесина подпрессовывается по плоскости I-I, а затем восстанавливается по плоскости II-II.

Наблюдением установлено. Что плоскость II-II может быть выше нахождения центра скругления, так и ниже. Это зависит с основном от плотности древесины и ее влажности. Силы давления резца на объект обработки раскладываются на две составляющие, горизонтальные и вертикальные.

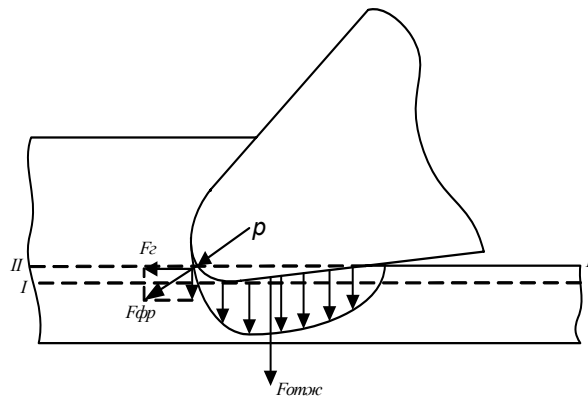


Рисунок 2 – Силы резания по задней поверхности резца

Поскольку горизонтальные составляющие направлены как по вектору скорости резания, так и против, то они примерно сокращаются.

Вертикальная составляющая образует силу резания по задней поверхности, т.к. $F_z = F_{отж} f$ (где f - коэффициент трения стали по древесине) и нормальную к ней $F_{отж}$.

При обработке плитных материалов, в связи с быстрым абразивным истиранием контакта округления лезвия, эти условия нарушаются, так как образуется фаска на задней поверхности.

Как видно из представленного, необходимо выполнить комплекс исследовательских работ, позволяющих выявить закономерности силовых показателей процесса фрезерования плитных материалов.

Методика проведения исследований

Обоснование выбора переменных факторов.

Экспериментальные исследования многих ученых по выявлению влияния переменных факторов при фрезеровании древесностружечных плит на силовые показатели показывают, что наибольший количественный вклад на выходные величины вносит средняя толщина стружки (a_{cp}), угол резания (δ), высота срезаемого припуска (h) и состояние режущей кромки (ρ).

В то же время скорость резания при проведении исследований находится на малом уровне, так как были ограничения в используемой аппаратуре регистрации выход-

ных показателей. Учитывая современные методы фиксации мощности резания параметр скорости резания необходимо принять в качестве изменяемого.

Как видно из произведенного количества переменных факторов исследования необходимо проводить с использованием математического метода планирования эксперимента.

В настоящее время доказано, что для исследований процесса резания древесных материалов наиболее эффективен В- оптимальный план. В то же время рекомендуется использовать данный план для количества переменных не превышающих четырех. При наличии большого количества переменных следует выполнить отсеивающие эксперименты.

Учитывая данные рекомендации и наличие практически полной информации по износу и затуплению режущих элементов для проведения исследований приняты следующие переменные факторы и их уровни варьирования представлены в таблице 1.

Выбор угла заострения δ в качестве переменного фактора вместо угла резания обоснован соображениями практического режущих инструментов. В настоящее время нашли широкое применение неперетачиваемые пластины. Анализ конструкций указанных резцов показывает, что инструментальной промышленностью зарубежных фирм освоен выпуск и реализуются пластины с углами заточки 45, 50 и 55°. Частота вращения фрезы принята так же в качестве переменного в связи с тем, что этот показатель более часто отражает интенсивность взаимодействия резца с древесным материалом.

Таблица 1 – Уровни варьирования переменных факторов при исследовании процесса фрезерования ламинированных древесностружечных плит

Переменный фактор	код	Уровни варьирования		
		нижний	основной	верхний
Средняя толщина стружки (a), мм	x1	0,05	0,20	0,35
Угол заострения режущей кромки (δ), град	x2	45	50	55
Высота срезаемого припуска (h), мм	x3	1	3	5
Частота вращения фрезы (n), мин-1	x4	4000	6000	8000

При исследовании процесса резания ламинированных древесностружечных плит были приняты постоянными следующие показатели:

- обрабатываемый материал (ДСтП Польша)
- толщина обрабатываемого материала $b=16$ мм.
- радиус заострения главной режущей кромки $\rho=5-7$ мкм
- диаметр окружности резания $D=82$ мм
- число резцов $Z=1$
- задний угол $\alpha=15^\circ$.

Экспериментальная установка

Экспериментальная установка, созданная на базе обрабатывающего центра Rover В 4.35 с числовым программным управлением (ЧПУ) (производства Италии, фирмы «BIESSE»).

Базовая машина является серийной, что позволяет воспроизвести промышленные режимы резания в широком диапазоне переменных факторов различными инструментами.

Принцип работы установки следующий: Двигатель мощностью 7,5 кВт управляется посредством преобразователя Commander SE который в свою очередь параметризован 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, Excel которые строят графические и математические зависимости получаемых данных.

Каждый из проводимых экспериментов проходит многократное повторение тем самым исключается возможность влияния случайных факторов на получаемые результаты.

Обрабатываемый материал так же подготавливается специальным образом: вырезаются заготовки одинаковой длины, высоты и ширины из материала одной партии т.е. с максимально одинаковыми физико-механическими характеристиками.

Результаты исследований и их анализ

В результате реализации методической сетки опытов вида В-оптимального плана для четырех переменных факторов получено адекватное уравнение регрессии в кодированном выражении

$$y = 0,93 + 0,27x_1 + 0,29x_4 + 0,08x_1x_4 + 0,09x_2x_4 - 0,14x_1^2 + 0,07x_2^2 - 0,06x_4^2$$

где y - мощность резания, кВт.

Изучение влияния средней толщины стружки на мощность резания осуществлено путем построения графической зависимости $P=f(a)$. Кривая зависимости выходного показателя построены с учетом принятых диапазонов переменных факторов при их значениях соответствующих верхнему основному и нижнему уровням.

Представленная теоретическая зависимость влияния средней толщины стружки на мощность резания (рис 3) показывает. Что с увеличением данного фактора наблюдается некоторый рост мощности резания с незначительным падением. Рост мощности вызван увеличением неконтактного напряжения, а перемещением стружки с определенным на переднюю грань.

Влияние угла заострения режущего элемента показывает (рис. 4) что на легких режимах т.е. когда все переменные факторы на нижнем уровне наблюдается незначительное увеличение мощности. По мере увеличения частоты вращения наблюдается динамический удар, который производит более интенсивное размельчение стружки что приводит к некоторому падению мощности резания.

Высота срезаемого припуска (рис. 5) практически не оказывает влияния на мощность резания.

Частота вращения, как и средняя толщина стружки наиболее влияет на выходной показатель (рис. 6). С ростом частоты вращения возрастают динамические удары, что может привести к падению мощности, но в то же время на переднюю поверхность воздействует срезанная стружка, что вызывает увеличением мощности.

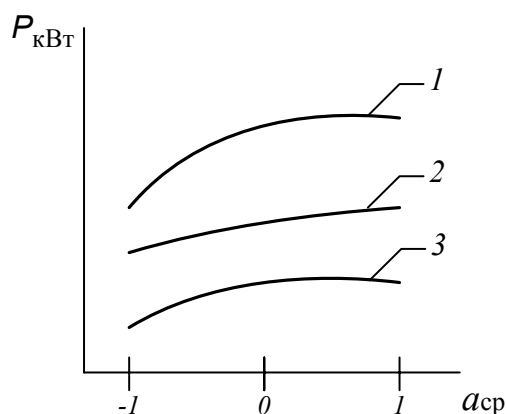


Рисунок 3 – Влияние средней толщины стружки на мощность резания

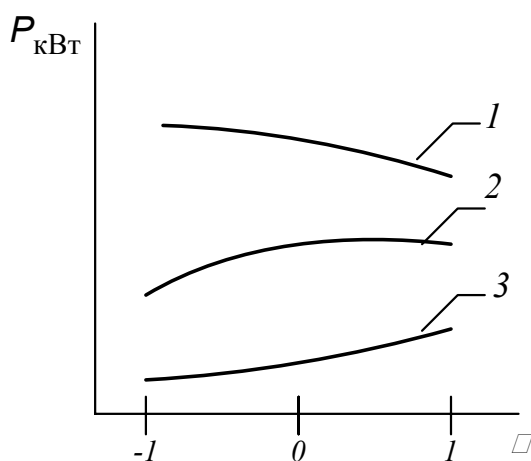


Рисунок 4 – Влияние угла заострения на мощность резания

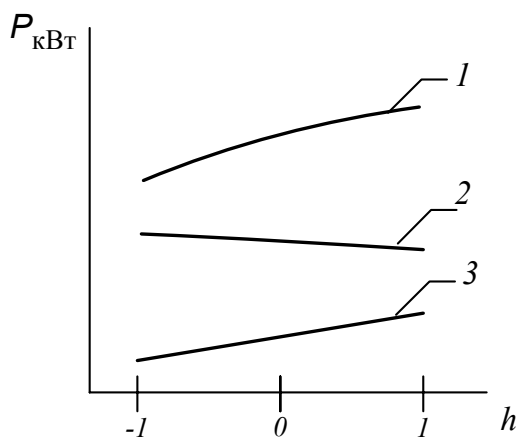


Рисунок 5 – Влияние высоты срезаемого слоя на мощность резания

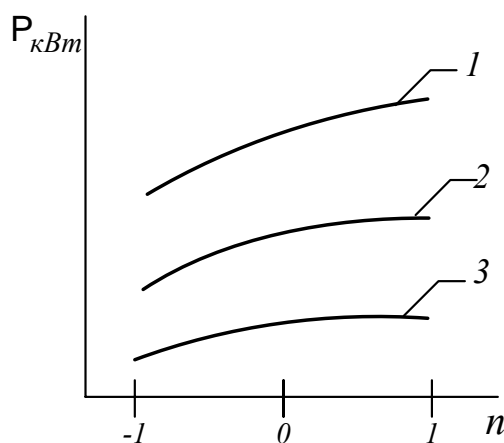


Рисунок 6 – Влияние частоты вращения инструмента на мощность резания

Выводы.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. Разработанное математическое описание влияния средней толщины стружки, угла заострения режущего элемента, высоты срезаемого слоя и частоты вращения инструмента на мощность, затрачиваемую при фрезеровании ламинированных древесно-стружечных плит позволяющее установить режимы технологического процесса с наименьшими энергозатратами..

2. Анализ модели показывает, что наибольшее влияние на мощностной показатель оказывает средняя толщина стружки и частота вращения инструмента и практически незначительное – угол заострения резца и высота срезаемого слоя.

3. Рациональный режим работы оборудования можно устанавливать в сочетании с качественными показателями, которые позволяют выбирать среднюю толщину стружки и частоту вращения фрезерного инструмента.

Власов А.В. (ВятГУ, г. Киров, РФ) artjomv@gmail.com

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ И ЧИСЛА ОБОРОТОВ КРУГЛОЙ ПИЛЫ НА ЕЁ ЧАСТОТЫ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ RELATIONS BETWEEN THICKNESS AND ROTARY SPEED OF CIRCULAR SAW AND ITS OWN VIBRATION FREQUENCY

Требуемые технико-экономические показатели круглых пил в значительной степени определяются их работоспособностью. От работоспособности круглой пилы зависят энергозатраты, качество распиловки, потери древесины в опил. Потеря работоспособности пильного диска связана с потерей динамической устойчивости (изгибными колебаниями) при минимальной критической частоте вращения. Таким образом, каждая круглая пила с заданными параметрами имеет предельно допустимую частоту вращения. Превышение предельно допустимой частоты вращения вызывает значительное отклонение пилы от плоского состояния, что приводит к ухудшению качества распи-

ловки, и может вывести диск из строя. Предельно допустимая частота вращения устанавливается частотой собственных колебаний пильного диска.

В работе определяется частота собственных поперечных колебаний пильного диска постоянной толщины, закреплённого по внутреннему контуру планшайбой. Предполагаем, что распределение напряжений в пиле от нагрева и центробежных сил инерции имеет осесимметричный характер. Рассматривая малые поперечные колебания пильного диска, пренебрегаем изменением напряжений в срединной плоскости пилы при колебаниях диска.

Дифференциальное уравнение малых поперечных колебаний пильного диска в цилиндрической системе координат [1]:

$$D\Delta\Delta w - h \cdot \left(\frac{\partial V_{об.сил}}{\partial r} \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_{об.сил}}{\partial \theta} \frac{\partial w}{\partial \theta} \right) -$$

$$- h \left[\sigma_r \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \sigma_\theta \left(\frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} \right) + 2\tau_{r\theta} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial^2 w}{\partial r \cdot \partial \theta} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial w}{\partial \theta} \right) \right] +,$$

$$+ h\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = 0 \quad (1)$$

где r, θ – цилиндрические координаты;

$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2}$ – оператор Лапласа в цилиндрических координатах [2];

$V_{об.сил} = -\frac{1}{2} \rho \left(\frac{\pi n}{30} \right)^2 r^2$ – удельная потенциальная энергия объемных сил;

σ_r и σ_θ – нормальные компоненты напряжения по осям r и θ ;

$\tau_{r\theta}$ – касательная компонента напряжения ($\tau_{r\theta} = 0$, т.к. напряженное состояние осесимметрично);

ρ – плотность материала диска пилы;

n – число оборотов диска пилы;

t – время;

w – прогиб пластинки;

$D = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)}$ – цилиндрическая жесткость [2];

E – модуль упругости Юнга;

h – толщина диска;

ν – коэффициент Пуассона.

При определении частот собственных колебаний диска, в качестве внешних нагрузочных факторов действующих на диск рассматриваем центробежные и тепловые нагрузки.

Напряжения от действия центробежных сил определяем по следующим зависимостям [3]:

$$\begin{aligned} \sigma_r = & \frac{3+\nu}{8} \rho \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30}\right)^2 \cdot b^2 - \\ & - \frac{\rho \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30}\right)^2 \cdot a^2 \cdot [(3+\nu) \cdot (1-\nu) \cdot b^2 - (1-\nu^2) \cdot a^2]}{8 \cdot [a^2 \cdot (1-\nu) + b^2 \cdot (1+\nu)]} + \\ & + \frac{\rho \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30}\right)^2 \cdot a^2 \cdot b^2 \cdot [(3+\nu) \cdot (1-\nu) \cdot b^2 - (1-\nu^2) \cdot a^2]}{8 \cdot r^2 \cdot [a^2 \cdot (1-\nu) + b^2 \cdot (1+\nu)]} - \\ & - \rho \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30}\right)^2 \cdot r^2 \cdot \frac{3+\nu}{8} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \sigma_\theta = & \frac{3+\nu}{8} \rho \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30}\right)^2 \cdot b^2 - \\ & - \frac{\rho \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30}\right)^2 \cdot a^2 \cdot [(3+\nu) \cdot (1-\nu) \cdot b^2 - (1-\nu^2) \cdot a^2]}{8 \cdot [a^2 \cdot (1-\nu) + b^2 \cdot (1+\nu)]} + \\ & + \frac{\rho \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30}\right)^2 \cdot a^2 \cdot b^2 \cdot [(3+\nu) \cdot (1-\nu) \cdot b^2 - (1-\nu^2) \cdot a^2]}{8 \cdot r^2 \cdot [a^2 \cdot (1-\nu) + b^2 \cdot (1+\nu)]} - \\ & - \rho \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30}\right)^2 \cdot r^2 \cdot \frac{1+3 \cdot \nu}{8} \end{aligned} \quad (3)$$

где a – радиус планшайбы;

b – радиус пильного диска.

Для определения термомеханических напряжений сперва необходимо определить тепловое поле пильного диска.

Распределение температуры по радиусу диска пилы описывается зависимостью [4]:

$$t(r) = t_H + (t_H - t_B) \frac{K_1 \left(a \sqrt{\frac{2\alpha(a)}{h\lambda_m}} \right) \cdot I_0 \left(r \sqrt{\frac{2\alpha(r)}{h\lambda_m}} \right) + I_1 \left(a \sqrt{\frac{2\alpha(a)}{h\lambda_m}} \right) \cdot K_0 \left(r \sqrt{\frac{2\alpha(r)}{h\lambda_m}} \right)}{K_1 \left(a \sqrt{\frac{2\alpha(a)}{h\lambda_m}} \right) \cdot I_0 \left(b \sqrt{\frac{2\alpha(b)}{h\lambda_m}} \right) + I_1 \left(a \sqrt{\frac{2\alpha(a)}{h\lambda_m}} \right) \cdot K_0 \left(b \sqrt{\frac{2\alpha(b)}{h\lambda_m}} \right)}, \quad (4)$$

где I_0, K_0, I_1, K_1 – функции Бесселя соответственно первого и второго рода нулевого и первого порядка аргумента;

t_B – температура окружающей среды;

t_H – температура на наружном радиусе (b) диска;

λ_m – коэффициент теплопроводности материала диска круглой пил.

Коэффициент теплоотдачи от диска воздуху $\alpha(r)$, определяется по формуле [4]:

$$\alpha(r) = c \lambda_f \omega^\psi \nu_f^{-\psi} r^{2\psi-1}, \quad (5)$$

где ω – угловая скорость;

c и ψ – коэффициенты, зависящие от вида, параметров охлаждающей среды и условий охлаждения;

λ_f – коэффициент теплопроводности воздуха при температуре окружающей среды;
 ν_f – коэффициент кинематической вязкости воздуха при температуре окружающей среды.

Напряжения, возникающие от неравномерного нагрева диска пилы, в радиальном и тангенциальном направлениях $\sigma_r(r)$ и $\sigma_\theta(r)$ определяются по формулам [3]:

$$\sigma_r(r) = E\alpha_n \left[-\frac{1}{r^2} \int_a^r t(r) r dr - \frac{\int_a^b t(r) r dr}{b^2 \left[1 + \mu + (1 - \mu) \frac{a^2}{b^2} \right]} \right] \left[1 + \mu + (1 - \mu) \frac{a^2}{r^2} \right], \quad (6)$$

$$\sigma_\theta(r) = E\alpha_n \left[\frac{1}{r^2} \int_a^r t(r) r dr - t + \frac{\int_a^b t(r) r dr}{b^2 \left[1 + \mu + (1 - \mu) \frac{a^2}{b^2} \right]} \right] \left[1 + \mu - (1 - \mu) \frac{a^2}{r^2} \right], \quad (7)$$

где α_n – коэффициент линейного расширения материала круглой пилы.

Наиболее эффективным методом решения дифференциального уравнения (1) является приближённый метод Бубнова–Галеркина. Для приближенного решения задачи по данному методу задаемся выражением для прогиба в виде суммы конечного числа членов:

$$w = w_1 + w_2$$

$$w_1 = a'(r - a)^2 \cdot (1 + B_1 \cdot r + B_2 \cdot r^2) \cdot \sin(\lambda\theta) \cdot \sin(\Omega \cdot t), \quad (8)$$

$$w_2 = a''(r - a)^2 \cdot (1 + A_2 \cdot r^2 + A_3 \cdot r^3) \cdot \sin(\lambda\theta) \cdot \sin(\Omega \cdot t)$$

где a', a'' – вариационные параметры;

λ – число узловых диаметров;

Ω – частота собственных колебаний диска пилы;

B_1, B_2, A_2, A_3 – безразмерные коэффициенты.

Функции (8) автоматически удовлетворяют граничным условиям на внутреннем контуре. На внутреннем радиусе диска, равном радиусу планшайбы ($r=a$), прогиб и угол поворота пластины равны нулю [4]:

$$w = 0, \quad (9)$$

$$\frac{\partial w}{\partial r} = 0. \quad (10)$$

Безразмерные коэффициенты B_1, B_2, A_2, A_3 определяются из условия, что функции (8) удовлетворяют граничным условиям на внешнем контуре [4]:

$$M_r = -D \left[\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \nu \left(\frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} \right) \right] = 0, \quad (11)$$

$$Q_r = \left[(1-\nu) \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial r \partial \theta} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial w}{\partial \theta} \right) + \frac{\partial}{\partial r} (\Delta w) \right] = 0. \quad (12)$$

Подставляя функции (8) в дифференциальное уравнение (1) вариационное уравнение Бубнова–Галеркина примет вид:

$$\int_{t_1}^{t_2} \int_a^b \int_0^{2\pi} \left\{ D\Delta\Delta w - h \cdot \left(\frac{\partial V_{об.цил}}{\partial r} \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_{об.цил}}{\partial \theta} \frac{\partial w}{\partial \theta} \right) - \right. \\ \left. - h \left[\sigma_r \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \sigma_\theta \left(\frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} \right) \right] + h\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \right\} \delta w r dr d\theta dt = 0 \quad (13)$$

В данном вариационном уравнении за начальный момент времени примем $t_1 = 0$, а за конечный момент времени – период рассматриваемого свободного колебания $t_2 = \frac{2\pi}{\Omega}$, тогда вариационное уравнение переписывается в виде:

$$\int_a^b \int_0^{2\pi} \left\{ D\Delta\Delta w - h \cdot \frac{\partial V_{ia.nëë}}{\partial r} \frac{\partial w}{\partial r} - h \left[\sigma_r \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \sigma_\theta \left(\frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} - \frac{\lambda^2}{r^2} w \right) \right] - h\rho \cdot \Omega^2 w \right\} \delta w r dr d\theta = 0. \quad (14)$$

Вследствие независимости вариаций $\delta a'$ и $\delta a''$ множители при них должны обращаться в нуль. Это приводит к системе линейных уравнений относительно a' и a'' :

$$\begin{cases} S_1 \cdot a' + S_2 \cdot a'' = 0 \\ S_3 \cdot a' + S_4 \cdot a'' = 0 \end{cases} \quad (15)$$

где

$$S_1 = \int_a^b \int_0^{2\pi} \left\{ D\Delta\Delta w_1 - h \cdot \frac{\partial V_{ia.nëë}}{\partial r} \frac{\partial w_1}{\partial r} - h \left[\sigma_r \frac{\partial^2 w_1}{\partial r^2} + \sigma_\theta \left(\frac{1}{r} \frac{\partial w_1}{\partial r} - \frac{\lambda^2}{r^2} w_1 \right) \right] - h\rho \cdot \Omega^2 w_1 \right\} w_1 r dr d\theta = 0$$

$$S_2 = \int_a^b \int_0^{2\pi} \left\{ D\Delta\Delta w_2 - h \cdot \frac{\partial V_{ia.nëë}}{\partial r} \frac{\partial w_2}{\partial r} - h \left[\sigma_r \frac{\partial^2 w_2}{\partial r^2} + \sigma_\theta \left(\frac{1}{r} \frac{\partial w_2}{\partial r} - \frac{\lambda^2}{r^2} w_2 \right) \right] - h\rho \cdot \Omega^2 w_2 \right\} w_1 r dr d\theta = 0$$

$$S_3 = \int_a^b \int_0^{2\pi} \left\{ D\Delta\Delta w_1 - h \cdot \frac{\partial V_{ia.nëë}}{\partial r} \frac{\partial w_1}{\partial r} - h \left[\sigma_r \frac{\partial^2 w_1}{\partial r^2} + \sigma_\theta \left(\frac{1}{r} \frac{\partial w_1}{\partial r} - \frac{\lambda^2}{r^2} w_1 \right) \right] - h\rho \cdot \Omega^2 w_1 \right\} w_2 r dr d\theta = 0$$

$$S_4 = \int_a^b \int_0^{2\pi} \left\{ D\Delta\Delta w_2 - h \cdot \frac{\partial V_{ia.nëë}}{\partial r} \frac{\partial w_2}{\partial r} - h \left[\sigma_r \frac{\partial^2 w_2}{\partial r^2} + \sigma_\theta \left(\frac{1}{r} \frac{\partial w_2}{\partial r} - \frac{\lambda^2}{r^2} w_2 \right) \right] - h\rho \cdot \Omega^2 w_2 \right\} w_2 r dr d\theta = 0$$

Приравнявая к нулю определитель системы (15):

$$S_1 \cdot S_4 - S_2 \cdot S_3 = 0$$

находим частоту собственных колебаний пильного диска.

Рассмотрим пример расчета частоты собственных колебаний для пильного диска диаметром $2b=1000$ мм, диаметром планшайбы $2a=160$ мм. В расчёте принимаем следующие параметры материала пилы (сталь 9ХФ): модуль упругости Юнга $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа; коэффициент Пуассона $\nu=0,27$; плотность материала $\rho = 7850$ г/см³;

коэффициент линейного расширения материала круглой пилы $\alpha_{\varepsilon} = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Температура окружающей среды $t_{\text{в}}=20 \text{ }^{\circ}\text{C}$; температура на наружном радиусе (b) диска $t_{\text{н}}=90 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Коэффициенты, зависящие от вида и параметров охлаждающей среды и условий охлаждения $s=0,0287$ и $\psi=0,8$; коэффициент теплопроводности воздуха при температуре окружающей среды $\lambda_{\text{в}}=0,0259 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C})$; коэффициент теплопроводности материала диска круглой пил $\lambda_{\text{м}}=44,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C})$; коэффициент кинематической вязкости воздуха при температуре окружающей среды $\nu_{\text{в}} = 15,06 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$. Расчет ведем для дисков толщиной от 2 мм до 5 мм с шагом 0,5 мм и числом оборотов от 750 об/мин до 1550 об/мин с шагом 50 об/мин.

Результаты расчетов представлены в графическом виде на рисунках 1 и 2, отображающих зависимость частоты собственных колебаний рассматриваемого пильного диска от его числа оборотов и толщины для одного ($\lambda = 1$) и двух ($\lambda = 2$) узловых диаметров.

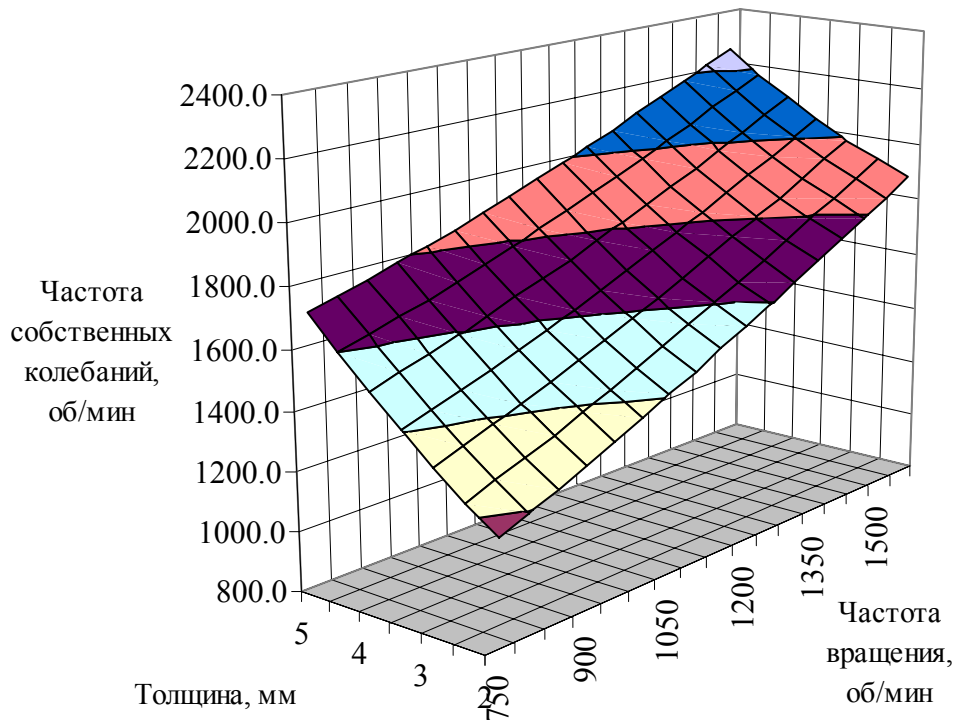


Рисунок 1 – Зависимость частоты собственных колебаний с одним узловым диаметром от толщины и частоты вращения пильного диска

Расчет пильных дисков, рассмотренных в примерах, так же был проведен с использованием метода конечных элементов в программном комплексе ANSYS, который показал расхождение результатов не более 5%.

Максимальное число оборотов пильного диска определяется по зависимости[5]:

$$n = 0,85 \cdot n_{кр}, \tag{16}$$

где $n_{кр} = \frac{30\Omega}{\pi}$.

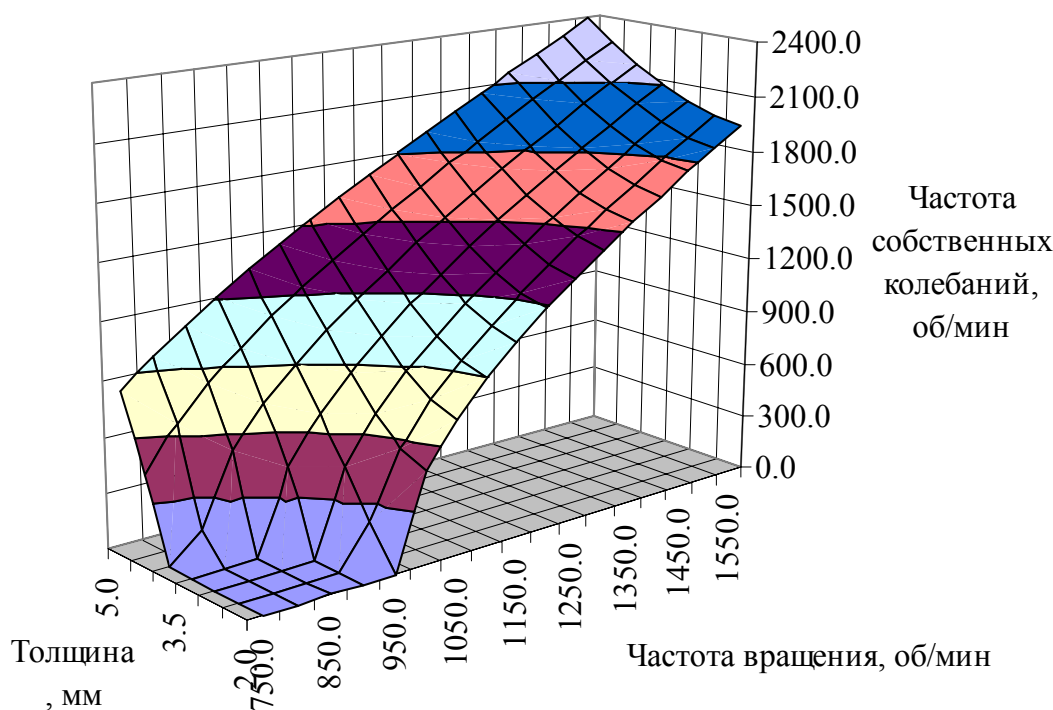


Рисунок 2 – Зависимость частоты собственных колебаний с двумя узловым диаметрами от толщины и частоты вращения пильного диска

Таким образом, на основании представленной модели найдены зависимости частоты собственных колебаний диска пилы от его толщины и числа оборотов, используя которые, возможно определить наиболее рациональные толщину и число оборотов пильного диска с точки зрения его устойчивости.

Библиографический список

1. Жодзишский Г.А. Влияние напряжений от неравномерного нагрева, проковки и центробежных сил инерции на частоты свободных колебаний круглых пил: диссертация ... кандидата технических наук.- ЛТА, 1958.
2. С. П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер Пластинки и оболочки / пер. с англ.; под ред. Г. С. Шапиро. - Изд. 3-е, М.: Наука, 1966 - 635 с. ил, табл.; 22 см.
3. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости: Пер. с англ./Под ред. Г.С. Шапиро. – 2-е изд. – М.: Наука, 1979, 560 с.
4. Пашков В.К. Теплофизика резания древесины круглыми пилами: монография. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2007,311с. ISBN 978-5-94984-144-0.
5. Стахийев Ю.М. Работоспособность плоских круглых пил. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 384 с. ISBN 5 – 7120 – 0197 – 7.

ФРЕЗЕРОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ИНСТРУМЕНТОМ С ИЗМЕНЯЕМЫМИ УГЛАМИ РЕЗАНИЯ *MILLING WOOD BY THE TOOL WITH CHANGEABLE ANGLES OF CUTTING*

Введение. Фрезерный дереворежущий инструмент изготавливают с жестко фиксированными линейными и угловыми характеристиками, что позволяет предопределить условия работы инструмента на заданных режимах его эксплуатации. Однако случайные изменения условий работы, вызванные непостоянством физико-механических свойств древесины, вынуждают производителей дереворежущего инструмента использовать высокие коэффициенты запаса прочности, что приводит к нерациональной эксплуатации фрез по критерию потребления энергии.

В работе предлагается исследовать расчетную модель фрезерного инструмента, позволяющего изменять углы резания на дуге контакта под действием внешних сил резания, обеспечив тем самым условия самоустановления ножей.

Основная часть. Рассмотрим расчетную схему фрезерного инструмента с подвижными ножами.

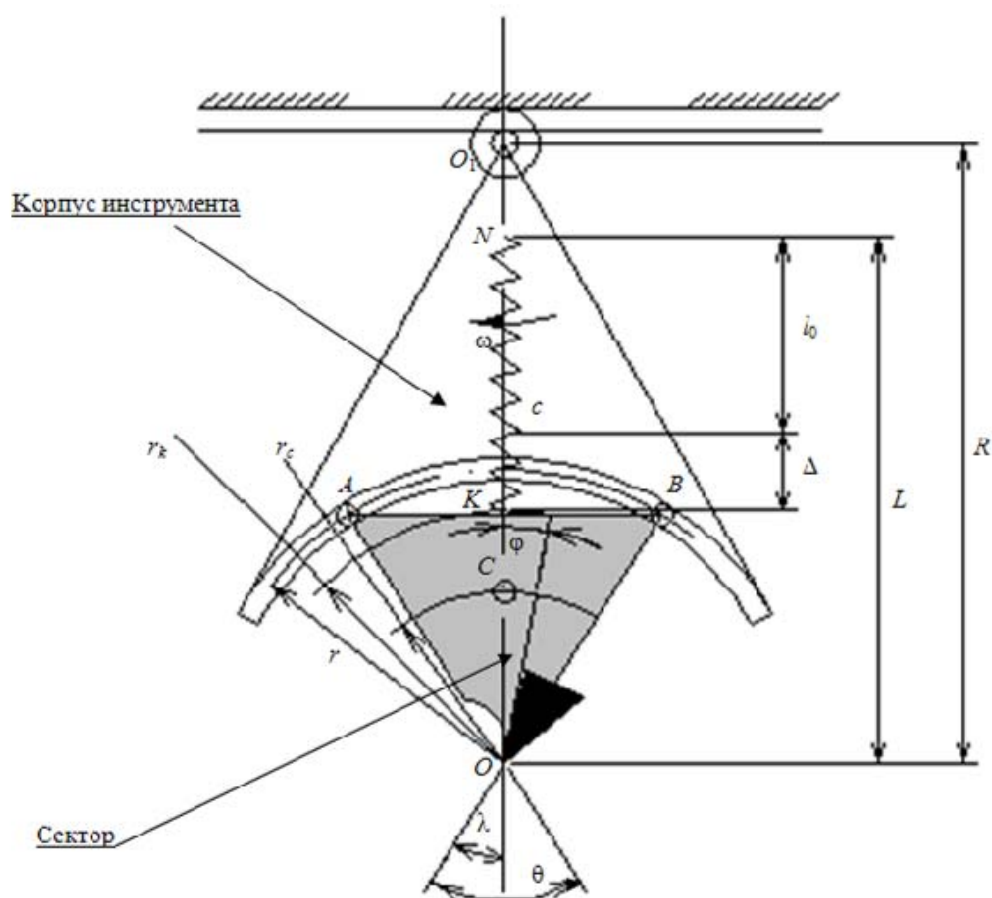


Рисунок 1 – Расчетная схема фрезерного инструмента
с изменяющимися углами резания

где $l = NK$ – длина пружины в рабочем положении, м; l_0 – свободная длина пружины, м; L – расстояние от оси вращения пружины до ее связи с сектором (ON), м; m_c – масса сектора, кг; c – жесткость пружины, Н/м; r_k – радиус вращения связи пружины с сектором, м; R – радиус резания, м; ω – скорость вращения инструмента, c^{-1} ; r_c – радиус центра тяжести сектора, м; φ – угол установки сектора, рад; $F_0 = c \cdot \Delta$ – начальное натяжение пружины, Н; r – радиус сектора, м; Δ – предварительное натяжение пружины, м; θ – угол сектора между опорами, град; λ – угол, характеризующий положение центра тяжести сектора, град.

Подвижный сектор имеет дополнительную степень вращения относительно режущей кромки $O-O$. При помощи упругой связи сектор с лезвием связан с телом инструмента (пружина крепится к корпусу инструмента (точка N) и к сектору (точка K) жесткостью c), что позволяет ему выполнять колебательные движения относительно положения устойчивого равновесия.

Определим положения равновесия для системы, представленной на рис. 1. Во вращающейся системе координат, с учетом действия центробежных сил инерции, потенциальная энергия системы [1], Дж.

$$\Pi = \Pi_c + \Pi_\omega, \quad (1)$$

$$\text{где } \dot{\Pi}_n = \frac{1}{2} \dot{n} (\sqrt{L^2 + r_k^2 - 2Lr_k \cdot \cos(\varphi)} - l_0)^2; \quad (2)$$

$$\dot{\Pi}_\omega = -\frac{1}{2} m_c \omega^2 (R^2 + r_c^2 - 2Rr_c \cos(\varphi)) \quad (3)$$

Находим производную потенциальной энергии по углу поворота φ и приравняем ее к нулю, что позволит определить положения относительного равновесия подвижной части инструмента.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi} = \frac{\partial \Pi_c}{\partial \varphi} + \frac{\partial \Pi_\omega}{\partial \varphi} = 2c(\sqrt{L^2 + r_k^2 - 2Lr_k \cdot \cos(\varphi)} - l_0) \frac{Lr_k}{\sqrt{L^2 + r_k^2 - 2Lr_k \cdot \cos(\varphi)}} \cdot \sin(\varphi) - \\ - m_c \omega^2 Rr_c \sin(\varphi) = 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Уравнение (4) имеет три корня $\varphi_1 = 0$, $\varphi_2 = \pi$.

Третий корень определяем из условия

$$2c(\sqrt{L^2 + r_k^2 - 2Lr_k \cdot \cos(\varphi_3)} - l_0) \frac{Lr_k}{\sqrt{L^2 + r_k^2 - 2Lr_k \cdot \cos(\varphi_3)}} = m_c \omega^2 Rr_c. \quad (5)$$

Из последнего соотношения находим

$$\varphi_3 = \arccos \left[\frac{1}{2Lr_k} \times \left(L^2 + r_k^2 - \left(\frac{2Lr_k(L - r_k - \Delta)}{2Lr_k - ZRr_c} \right)^2 \right) \right], \quad (6)$$

где Z – динамический коэффициент, определяемый по следующей зависимости

$$Z = m_c \cdot \omega^2 / c. \quad (7)$$

Область определения динамического коэффициента Z , при котором существует корень φ_3 , на основании условия $(-1 < \cos\varphi_3 < 1)$ находится в диапазоне, зависящем от предварительного натяжения пружины Δ .

$$Z \in \left[\frac{2Lr_k}{Rr_c} \left(1 - \frac{L-r_k-\Delta}{L-r_k} \right); \frac{2Lr_k}{Rr_c} \left(1 - \frac{L-r_k-\Delta}{L+r_k} \right) \right]; \quad (8)$$

Представляем на рис. 2 графически область определения динамического коэффициента Z в зависимости от Δ .

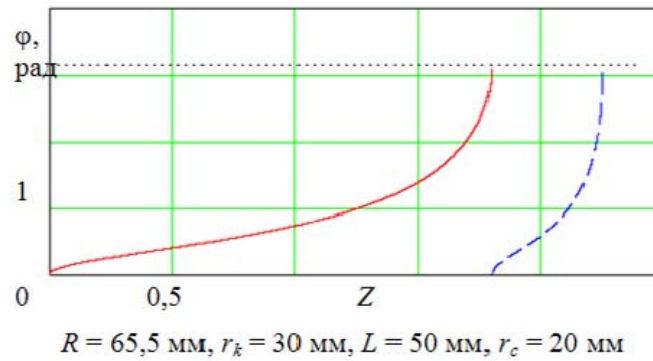


Рисунок 2 – Условие существования третьего положения равновесия

Предварительное натяжение пружины Δ позволяет использовать динамические системы с большим коэффициентом Z и расширяет возможности проектировщикам и эксплуатационникам инструмента использовать пружины меньшей жесткости, большие массы подвижных частей, а также повышенные частоты вращения инструмента. При этом расширяются возможности использования устойчивого положения равновесия $\varphi_1 = 0$, при котором более надежно сохраняется начальный угол установки лезвия при случайных изменениях скорости вращения инструмента.

При взаимодействии с обрабатываемым материалом, для обеспечения самоизменения угловых характеристик ножа, лезвие инструмента должно иметь возможность поворачиваться под действием переменного на дуге контакта результирующего момента сил резания. Определим минимальный результирующий момент от сил резания, способный сместить подвижную часть инструмента из положения устойчивого равновесия.

Для этого найдем реакции опор в положении равновесия системы. На рис. 3 представлена векторная сумма всех сил, действующих на сектор в положении равновесия.

Запишем уравнения равновесия внешних сил, действующих на сектор относительно осей x и y (рис. 3).

$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= 0; \\ F_c \cos(\lambda_c) - F_\omega \cos(\lambda_\omega) + F \sin(\xi) + F_A (\cos(\theta - \lambda - \varphi) + f \cdot \sin(\theta - \lambda - \varphi)) + \\ &+ F_B (\cos(\lambda + \varphi) - f \cdot \sin(\lambda + \varphi)) = 0; \\ \Sigma F_x &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

$$F_c \sin(\lambda_c) - F_\omega \sin(\lambda_\omega) - F \cos(\xi) + F_A (\sin(\theta - \lambda - \varphi) - f \cdot \cos(\theta - \lambda - \varphi)) + \\ + F_B (f \cdot \cos(\lambda + \varphi) + \sin(\lambda + \varphi)) = 0. \quad (6)$$

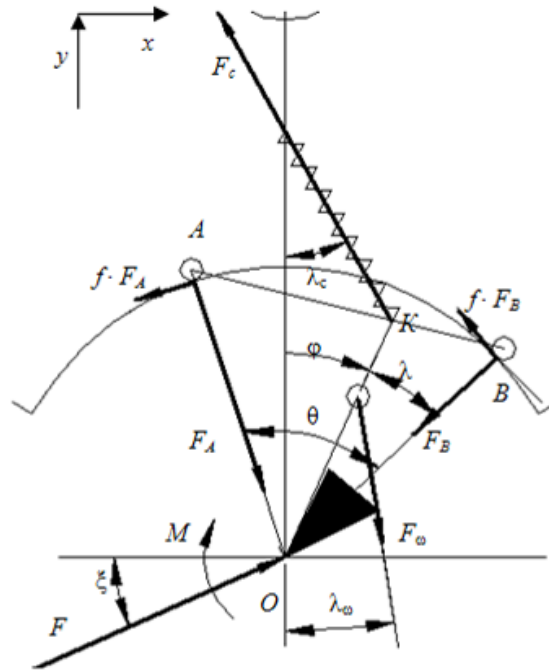


Рисунок 3 – Внешние силы, действующие на сектор инструмента

где F_A – нормальная реакция опоры A , Н; F_B – нормальная реакция опоры B , Н; F – результирующая сила резания, Н; F_ω – центробежная сила, Н; F_c – упругая сила, Н; M – результирующий момент силы резания, Н·м;

Минимальное значение момента сил, обеспечивающее вращательное движение сектора относительно точки O при вращении инструмента с постоянной угловой скоростью.

$$M_{\min} = f \cdot r \cdot (|F_A| + |F_B|). \quad (7)$$

Воспользуемся методом Крамера [2] для решения системы уравнений (5) и (6).

$$F_A = \frac{F_1(\varphi) \cdot X_{22} - F_2(\varphi) \cdot X_{12}}{X_{11}X_{22} - X_{12}X_{21}}; \quad (8)$$

$$F_B = \frac{F_2(\varphi) \cdot X_{11} - F_1(\varphi) \cdot X_{21}}{X_{11}X_{22} - X_{12}X_{21}}, \quad (9)$$

где $X_{11} = \cos(\theta - \lambda - \varphi) + f \cdot \sin(\theta - \lambda - \varphi)$;

$X_{12} = \cos(\lambda + \varphi) - f \cdot \sin(\lambda + \varphi)$;

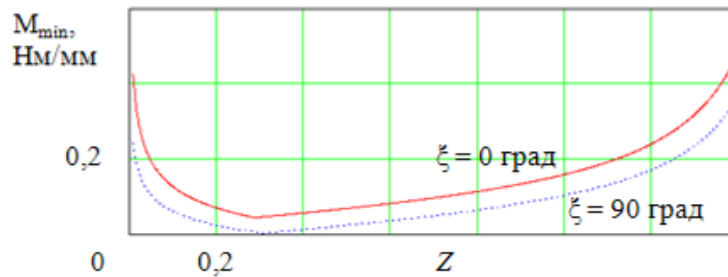
$X_{21} = \sin(\theta - \lambda - \varphi) - f \cdot \cos(\theta - \lambda - \varphi)$;

$X_{22} = f \cdot \cos(\lambda + \varphi) + \sin(\lambda + \varphi)$;

$$F_1(\varphi) = m_c \omega^2 (R - r_c \cos(\varphi_3)) - c(L - r_k \cos(\varphi_3)) + \frac{cl_0(L - r_k \cos(\varphi_3))}{\sqrt{L_c^2 + r_k^2 - 2Lr_k \cos(\varphi_3)}} - F \cdot \sin \xi;$$

$$F_2(\varphi) = m_c \omega^2 r_c \sin(\varphi_3) - cr_k \sin(\varphi_3) + \frac{cl_0 r_k \sin(\varphi_3)}{\sqrt{L^2 + r_k^2 - 2Lr_k \cos(\varphi_3)}} + F \cdot \cos \xi .$$

Численная реализация зависимости (7) представлена на рис. 4.



$$D = 125 \text{ мм}, r_k = 30 \text{ мм}, L = 50 \text{ мм}, r_c = 25 \text{ мм}, \\ \Delta = 0, c = 1000 \text{ Н/м}, \theta = 60 \text{ град}, \lambda = 25 \text{ град}, \\ F/b = 10 \text{ Н/мм}, f = 0,1, r = 30 \text{ мм}$$

Рисунок 4 – Зависимость требуемого момента для поворота сектора от Z

Повышение угла действия результирующей силы резания ξ позволяет более малым результирующим моментам от сил резания повернуть сектор из положения устойчивого равновесия. На первом этапе взаимодействия лезвия на дуге контакта с материалом угол ξ близок к 90 градусам, поэтому с точки зрения направления результирующей силы резания условия смещения сектора создаются оптимальные.

Снижение частоты вращения инструмента и повышение жесткости пружины (снижение динамического параметра системы Z) не одинаково влияют на минимальный момент сил резания, способный сместить сектор из положения равновесия. Анализируя зависимости на рис. 4, следует утверждать, что значительные силы упругости, используемые во фрезе для работы сектора, не позволяют свободно вращаться подвижной части инструмента. Для представленных параметров инструмента, на основании которых выполнены графики на рис. 4, наилучшие условия для поворота сектора созданы при динамическом коэффициенте $Z \approx 0,3$.

Однако возможность смещения сектора с положения равновесия не означает его успешный поворот при резании обрабатываемого материала. Скорости фрезерования древесины высоки (до 60 м/с [3]) и изменение угла резания должно происходить за малый промежуток времени.

Таким образом, при высоких инерционных нагрузках, действующих на подвижные части инструмента с существующими инерционными характеристиками, добиться эффекта самоизменения угловых параметров на дуге контакта за малый промежуток времени невозможно без дополнительных затрат энергии.

Выход из сложившейся ситуации следует искать в использовании эффекта вынужденных колебаний системы, при котором существует возможность изменять характеристики инерционных систем с малыми затратами энергии.

Таким образом, обеспечив вынужденные колебания сектора в процессе взаимодействия с обрабатываемым материалом, можно осуществить процесс изменения углов

резания на дуге контакта при фрезеровании древесины даже на высоких скоростях вращения инструмента.

Определим условия, при которых существует возможность использовать эффект вынужденных колебаний системы фрезерного инструмента для обработки древесины.

Представим моменты упругой и инерционной сил как функции угла φ отклонения сектора из положения равновесия (φ_3).

$$M_{\omega} = \omega^2 \cdot m_{\tilde{n}} \cdot R \cdot r_c \cdot \sin(\varphi_3 + \varphi); \quad (8)$$

$$M_c = c \cdot r_k \sin(\varphi_3 + \varphi) \cdot L \left[1 - \frac{l_o}{\sqrt{R^2 + r_k^2 - 2 \cdot R \cdot r_k \cdot \cos(\varphi_3 + \varphi)}} \right]. \quad (9)$$

Разложим в ряд с точностью до линейных φ зависимости (8) и (9)

$$M_{\omega}(\varphi) = \omega^2 \cdot m_{\tilde{n}} \cdot R \cdot r_c \cdot (\sin(\varphi_3) + \cos(\varphi_3) \cdot \varphi). \quad (10)$$

$$M_c(\varphi) = c \cdot r_k (\sin(\varphi_3) + \cos(\varphi_3) \cdot \varphi) \cdot L \left[1 - \frac{l_o}{\sqrt{R^2 + r_k^2 - 2 \cdot R \cdot r_k \cdot \cos(\varphi_3)}} \times \right. \\ \left. \times \left(1 - \frac{R \cdot r_k \cdot \sin(\varphi_3)}{(R^2 + r_k^2 - 2 \cdot R \cdot r_k \cdot \cos(\varphi_3))} \cdot \varphi \right) \right]. \quad (11)$$

В начальный момент взаимодействия лезвия с заготовкой реакции опор уравновешиваются упругой и инерционной силами, действующими на сектор. Из-за малого времени взаимодействия режущего элемента с обрабатываемым материалом моментом от сил трения можно пренебречь. Запишем уравнение движения сектора относительно оси его вращения.

$$I_0 \cdot \ddot{\varphi} = \dot{I} - \dot{I}_{\tilde{n}} + \dot{I}_{\omega}. \quad (12)$$

С учетом условия $(-M_c + M_{\omega})|_{\varphi=\varphi_3} = 0$ получим

$$\ddot{\varphi} + k^2 \varphi = \dot{I} / I_I, \quad (13)$$

где k – частота собственных колебаний, c^{-1} .

$$k = \sqrt{\frac{r_k \cdot L \cdot \tilde{n}}{I_I} \left(\frac{l_o \cdot R \cdot r_k \cdot (1 - \cos^2(\varphi_3))}{(R^2 + r_k^2 - 2 \cdot R \cdot r_k \cdot \cos(\varphi_3))^{3/2}} - \right. \\ \left. - Z \cdot \frac{R \cdot r_c}{L \cdot r_k} + \tilde{O} \right)}, \quad (14)$$

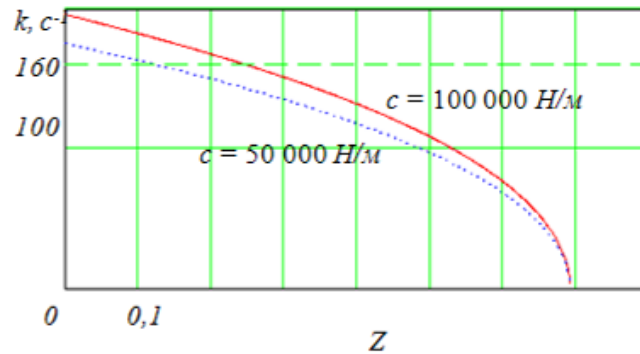
$$\text{здесь } \tilde{O} = \cos(\varphi_3) \left(\frac{\sqrt{R^2 + r_k^2 - 2 \cdot R \cdot r_k \cdot \cos(\varphi_3)} - l_o}{\sqrt{R^2 + r_k^2 - 2 \cdot R \cdot r_k \cdot \cos(\varphi_3)}} \right).$$

Устойчивым положениям равновесия соответствует действительное значение частоты колебаний k . Отсюда находим ограничение на параметр Z , которое позволяет определить значения параметров, обеспечивающих устойчивость положения равновесия.

$$Z < \frac{r \cdot L}{R \cdot r} \left[\cos(\varphi) \left(1 - \frac{l}{\sqrt{R + r - 2 \cdot R \cdot r \cdot \cos(\varphi)}} \right) + \frac{l \cdot R \cdot r \cdot (1 - \cos(\varphi))}{(R + r - 2 \cdot R \cdot r \cdot \cos(\varphi))} \right] \quad (15)$$

Согласно соотношению (14) собственная частота колебаний сектора зависит от частоты вращения инструмента. Представим графически эту зависимость при двух значениях коэффициента жесткости пружины на рис. 5.

Повышение жесткости пружины, снижение частоты вращения инструмента и массы сектора позволяют повысить частоту собственных колебаний сектора, что одновременно дает возможность повысить устойчивость самой системы «сектор – корпус инструмента».



$$I_0 = 0,0015 \text{ кг}\cdot\text{м}^2, D = 125 \text{ мм}, r_k = 30 \text{ мм}, \\ L = 50 \text{ мм}, r_c = 20 \text{ мм}, \Delta = 0$$

Рисунок 5 – Зависимость частоты собственных колебаний от частоты вращения инструмента

Определив зависимость основной динамической характеристики подвижной системы сборного инструмента от параметров системы – частоту собственных колебаний – установим поведение сектора при нагрузках во время обработки материала. Для этого модулируем суммарный момент от сил резания как периодическую функцию времени.

Периодическое изменение нагрузки, возникающей на лезвии инструмента под действием сил резания при фрезеровании древесины, удобно моделировать при помощи синусоидальной функции в четной степени.

$$M(t) = A \cdot \sin^u(\omega_l t + \varphi_0), \quad (16)$$

где $u = 0, 2, 4, \dots, \infty$.

Поэтому при модулировании внешней нагрузки, возникающей на лезвии инструмента за малый промежуток времени, с достаточной точностью можно использовать синусоидальную функцию, главным критерием подбора которой выступает работа, определяемая интервалом касательной силы резания по пути взаимодействия резца на дуге контакта.

Основными характеристиками нагрузки (результатирующей (F) или составляющих (F_t, F_R) сил резания, а также результирующего момента сил резания M) следует считать: амплитуду изменения нагрузки A , начальную фазу нагрузки φ_0 , периодичность изменения нагрузки $2\pi/\omega_l$, а также показатель степени синусоиды u .

С целью определения амплитуды колебаний сектора относительно оси вращения, проходящей через режущую кромку, выполним моделирование результирующего момента резания M , возникающего от сил резания, действующих на переднюю и заднюю грани лезвия инструмента. Определим основные характеристики синусоидальной зависимости результирующего момента сил резания.

Амплитуду результирующего момента принимаем равной максимальному моменту сил резания на дуге контакта $A = M_{max}$.

Начальную фазу нагрузки принимаем равной нулю, задавая тем самым начальные условия взаимодействия лезвия инструмента с обрабатываемым материалом ($\varphi_0 = 0$) и упрощая тем самым дальнейший анализ функции.

Периодичность изменения нагрузки находится в обратной зависимости от скорости вращения инструмента ω . Однако, поскольку синусоида четного порядка является периодической функцией с двумя максимумами в периоде, частоту изменения синуса приравниваем скорости вращения инструмента деленной на два. Таким образом, $\omega_1 = \omega/2$.

Показатель степени синусоиды u при моделировании нагрузки должен характеризовать импульсный характер изменения результирующего момента резания. Поэтому u должен быть достаточно большим.

Определим u из следующего условия

$$H_1 = H_2, \quad (17)$$

$$\text{где } \dot{I}_1 = \frac{0,95 \cdot M_{\max}}{b} \int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} \sin^u \left(\frac{\omega}{2} t \right) dt; \quad (18)$$

$$\dot{I}_2 = \frac{M_{\max}}{b} \int_{\frac{\pi}{\omega} - \frac{l}{D\omega}}^{\frac{\pi}{\omega} + \frac{l}{D\omega}} \sin^u \left(\frac{\omega}{2} t \right) dt; \quad (19)$$

здесь l – длина дуги контакта, м; D – диаметр фрезерования, м; b – ширина фрезерования, м.

Для моделирования результирующего момента от сил резания с 95%-ной точностью при $h = 18,3$ мм, $D = 125$ мм, $\omega = 160$ с⁻¹ необходимо использовать показатель степени $u = 104$. При уменьшении используемого показателя погрешность моделирования нагрузки будет возрастать с закономерностью, представленной в таблице.

Таблица – Использование показателя степени u в зависимости от погрешности модулирования суммарного момента сил резания

Показатель степени (u)	104	56	36	24	12	10	6
Погрешность, %	5	15	25	35	50	55	65

Таким образом, использование показателя синусоиды $u < 12$ не позволит моделировать момент от сил резания с точностью выше 50% при $h = 18,3$ мм, $D = 125$ мм и $\omega = 160$ с⁻¹. Увеличение h и уменьшение D при прочих равных условиях позволит повысить точность использования более низких показателей степени синусоиды u .

Определим амплитуду вынужденных колебаний сектора в зависимости от момента сил резания M . С целью моделирования процесса нагружения режущего элемента со стороны обрабатываемого материала воспользуемся тригонометрической зависимостью (16) с учетом принятых показателей формулы.

$$\dot{I} = \dot{I}_{\max} \cdot \sin^{12} \left(\frac{\omega}{2} t \right). \quad (20)$$

Поскольку в данной главе ставится задача моделирования периодической нагрузки и наглядного описания работы сектора, выбираем $u = 12$, обеспечив тем самым 50%-ную точность, получив при этом наглядное и негромоздкое решение, которое в дальнейшем позволит выполнить анализ полученного результата.

Ищем уравнение вынужденных колебаний сектора в виде:

$$\varphi_{\text{вын}} = C_0 + C_1 \cdot \cos(\omega t) + C_2 \cdot \cos(2\omega t) + C_3 \cdot \cos(3\omega t) + C_4 \cdot \cos(4\omega t) + C_5 \cdot \cos(5\omega t) + C_6 \cdot \cos(6\omega t) \quad (21)$$

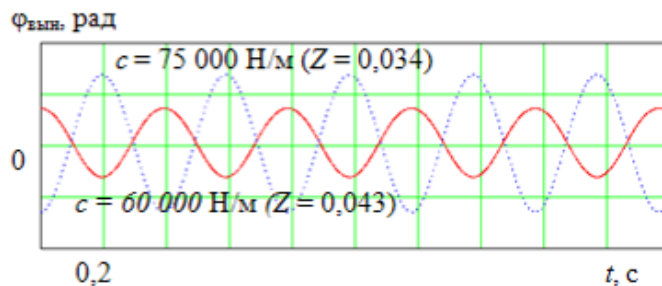
Для этого разложим $\sin^{12}(\omega/(2t))$ на гармонические составляющие

$$\sin^{12}\left(\frac{\omega}{2}t\right) = \frac{1}{64} \left(\frac{462}{32} - \frac{198}{8} \cdot \cos(\omega t) + \frac{495}{32} \cdot \cos(2\omega t) - \frac{55}{8} \cdot \cos(3\omega t) + \frac{33}{16} \cdot \cos(4\omega t) - \frac{3}{8} \cdot \cos(5\omega t) + \frac{1}{32} \cdot \cos(6\omega t) \right). \quad (22)$$

Подставив (20) и (21) с учетом (22) в (12) найдем уравнение движения сектора в виде

$$\varphi_{\text{вын}} = \frac{M_{\text{max}}}{I_0} \left(\frac{231}{1024 \cdot k^2} - \frac{99 \cdot \cos(\omega t)}{256(k^2 - \omega^2)} + \frac{495 \cdot \cos(2\omega t)}{2048(k^2 - (2\omega)^2)} + \frac{55 \cos(3\omega t)}{512(k^2 - (3\omega)^2)} + \frac{33 \cos(4\omega t)}{1024(k^2 - (4\omega)^2)} - \frac{3 \cos(5\omega t)}{512(k^2 - (5\omega)^2)} + \frac{\cos(6\omega t)}{2048(k^2 - (6\omega)^2)} \right). \quad (23)$$

Представим зависимости (23) в графическом виде.



$$m_c = 0,1 \text{ кг}, D = 0,125 \text{ м}, r = 0,03 \text{ м}, r_c = 0,02 \text{ м},$$

$$I_0 = 0,0015 \text{ кг} \cdot \text{м}^2, \omega = 160 \text{ с}^{-1}, M_{\text{max}} = 1 \text{ Нм}$$

Рисунок 6 – Условия работы инструмента с изменяющимися углами резания

Анализ зависимости (23) показывает, что сектор может работать в фазе и противофазе с нагрузкой. В первом случае будет наблюдаться снижение сил резания от изменения угла резания на дуге контакта, а во втором – повышение сил резания.

Для работы сектора в одной фазе с нагрузкой необходимо обеспечить следующие условия.

$$\omega \leq k. \quad (24)$$

С учетом зависимости (14)

$$Z < \frac{r_k \cdot L \cdot m_c}{I_j + R \cdot r_c \cdot m_c} \left(\frac{l_0 \cdot R \cdot r_k \cdot (1 - \cos^2(\varphi_3))}{(R^2 + r_k^2 - 2 \cdot R \cdot r_k \cdot \cos(\varphi_3))^{3/2}} + \delta \right). \quad (25)$$

Предварительное натяжение пружины Δ позволяет использовать меньшую жесткость c при прочих равных условиях работы инструмента в фазе с возникающими силами резания.

Заключение. Использование фрез с изменяемыми угловыми характеристиками на дуге контакта обеспечивает условия установки ножа инструмента под действием сил резания, что позволяет снизить вероятность его поломки при кратковременном превышении нагрузки.

Библиографический список

1. Вихренко, В. С. Прикладная теория колебаний / В.С. Вихренко, А.В. Кондратенко. – Минск, 2002 – 37 с.
2. Баврин И. И. Высшая математика: учебник для вузов. – издат. центр ВЛАДОС, 2004 – 400 с.
3. Бершадский А. Л., Цветкова Н.И. Резание древесины / А. Л. Бершадский, Н. И. Цветкова – Минск, 1975 – 303 с.

Глебов И.Т. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) GIT5@yandex.ru

МЕТОД РАСЧЕТА АСПИРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С РАЗВЕТВЛЕННОЙ СЕТЬЮ

DESIGN AND ASSESSMENT DUST COLLECTING SYSTEM WITH MULTIBRANCH NET

В деревообрабатывающих цехах для аспирации используют два типа централизованных систем: кустовую с малогабаритным коллектором и систему с разветвленной сетью. Первая система легко рассчитывается с использованием компьютерных программ, но отличается большим расходом воздуховодов, которые соединяют все приемники стружки станков с коллектором. В аспирационной системе с разветвленной сетью расход воздуховодов меньше, которые соединяют все приемники стружки станков с магистральной трубой, но выполнение расчетов – трудоемкий процесс.

Методика расчета, изложенная В.Е. Воскресенским [1], сводится к заполнению большой (3 страницы) таблицы. Получение приведенных цифр таблицы не поясняется. Таким образом, понять и выполнить расчет без специальной подготовки невозможно.

Для расчетчиков нужен простой формализованный метод, не требующий больших интеллектуальных затрат. В данной статье предлагается такой метод расчета аспирационной системы с разветвленной сетью, выполняемый в пакете *Excel*. Поясним методику расчета на примере.

Дано. В деревообрабатывающем цехе установлены станки. Опилки, стружка и пыль удаляются в бункер с рукавным фильтром по ответвлениям и магистральному воздуховоду. Расчетная схема аспирационной системы с разветвленной сетью показана на рис. 1.

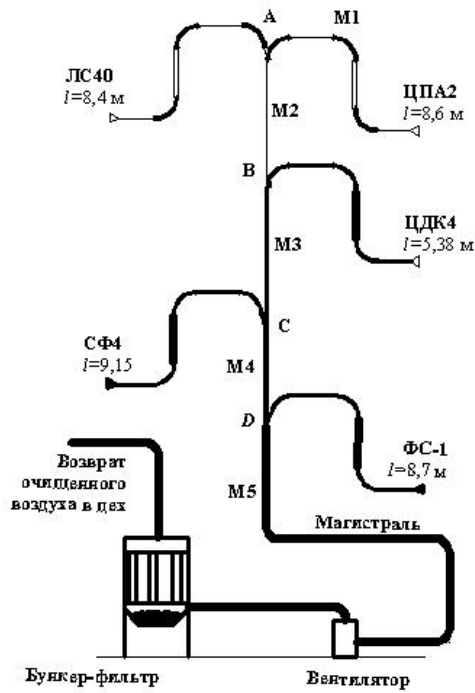


Рисунок 1 – Расчетная схема аспирационной системы с разветвленной сетью

Магистральный воздуховод начинается от станка ЦПА-2 и заканчивается в точке входа его в бункер. Он состоит из участков М1 до тройника А; М2 до тройника В; М3 до тройника С; М4 до тройника D и конечного участка М5 до бункера. При входе магистрального воздуховода в бункер скорость воздуха резко падает, и крупные древесные частицы падают на дно бункера, а запыленный воздух попадает в тканевые рукава фильтра, фильтруется и по воздуховоду возвращается обратно в цех.

Определить диаметры ответвлений, магистральных участков, воздуховода для возврата очищенного воздуха в цех, а также потерю давления в системе и мощность электродвигателя вентилятора.

Подготовка исходных данных к расчету. Исходные данные заносятся в табл. 1 [2].

Таблица 1 – Исходные данные

Модель станка	Диаметр присоединительного патрубка приемника, м	Объем отсасываемого воздуха Q_{min} , м ³ /ч	Скорость воздуха в сечении патрубка отсоса и (воздуховода) v , м/с	Коэффициент гидравлического сопротивления отсосов ξ	Выход отходов всего и в том числе пыли (в знаменателе) M , кг/ч	Высота приемника над полом, м
ЦПА-2	0,14	840	17/15,2	1,0	68,64	0,8
Количество отводов $n_0 = 3$ с углом поворота по 90° ; длина участка – 8,6 м;						
ЛС40-1	0,1	435	17,0/15,4	0,8	42,25	0,13
Количество отводов ответвления $n_0 = 3$ с углами поворота 30° ; 90° ; 90° ; длина ответвления $l = 8,4$ м;						
ЦДК4-3	0,13	1000	17,0/20,9	1,2	122,85	1,62
Количество отводов ответвления $n_0 = 2$ с углами поворота 90° , 45° ; длина ответвления $l = 5,38$ м;						
СФ4-1	0,175	1500	18,0/17,3	1	149,5	0,124
Количество отводов ответвления $n_0 = 4$ с углами поворота 90° ; 90° ; 90° и 30° ; длина ответвления $l = 9,15$ м;						
ФС-1	0,164	1350	18,0/17,9	1,5	57,2	0,9
Количество отводов ответвления $n_0 = 3$ с углами поворота 90° , 90° , 30° ; длина ответвления $l = 8,7$ м.						
Участки магистрального воздуховода: М2– $l_M = 5,5$ м; М3– $l_M = 2,5$ м; М4– $l_M = 3,5$ м; М5– $l_M = 23,9$ м; $n_0 = 4$ с углами поворота по 90° .						
Воздуховод возврата $l_B = 18$ м; $n_0 = 3$ с углами поворота по 90° .						

Выполнение расчетов. Расчеты выполняются по программе в пакете Excel. Согласно расчетной схеме в Excel формируются несколько колонок (табл. 2): до А; до В; до С; до D и т.д.

Таблица 2 – Схема формирования расчетных колонок

Параметры	До А		До В		До С		До D	
	М1	Отв.2	М2	Отв.3	М3	Отв.4	М4	Отв.5
	ЦПА-2	ЛС40		ЦДК-4		СФ-4		ФС1
$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	840	435	1275	1100	2375	1500	3875	1350
$d_p, \text{ м}$	0,132	0,095	0,163	0,140	0,222	0,172	0,276	0,160
$d, \text{ м}$	0,125	0,095	0,16	0,125	0,2	0,14	0,25	0,125
$M, \text{ кг/ч}$	68,64	42,25	110,9	122,85	233,74	149,5	383,2	52,7
$\Delta p, \text{ Па}$	641,6	639,5	890,1	868,8	1098,4	1120,7	13,28,3	1359,7
$d_{\text{диафр}}, \text{ м}$	-	-	-	0,128	-	0,144	-	0,128

В колонки последовательно вводятся исходные данные.

В колонке “До А” по известному алгоритму выполняется расчет расхода воздуха $Q, \text{ м}^3/\text{ч}$, расчетных диаметров воздухопроводов $d_p, \text{ м}$, значения которых округляются в меньшую сторону до стандартных $d, \text{ м}$, массовый поток древесных частиц $M, \text{ кг/ч}$, полная потеря давления $\Delta p, \text{ Па}$, и диаметр диафрагмы $d_{\text{диафр}}, \text{ м}$. В колонке показано только 6 рассчитываемых параметров из 40.

Алгоритм расчета в колонке “До А” является основным и он многократно повторяется в остальных колонках, при расчете конечного участка магистрального воздухопровода и при расчете воздухопровода для возврата очищенного воздуха в цех. Если для конкретной расчетной схемы колонок не хватает, то колонку “До А” следует скопировать и вставить необходимое количество колонок. Колонку “До А” следует беречь от случайного повреждения алгоритма.

При переходе от колонки к колонке значения Q и Δp , а также массовый поток опилок, стружек, пыли увеличиваются. Например, расход воздуха Q в магистральном участке последующей колонки равен сумме расходов воздуха в магистральном участке и ответвлении, указанных в предыдущей колонке. Массовый поток древесных частиц изменяется по тому же закону, что и поток воздуха. Потеря давления Δp в магистральном участке последующей колонки равна сумме потерь давления на этом участке и потерь давления в магистральном участке, указанной в предыдущей колонке. Эти требования заложены в программу и автоматически отражаются к соответствующей ячейке таблицы.

В точках соединения материаловоздушных потоков участков магистрального воздухопровода и ответвления установлены тройники А, В, С, D, и др. Потери давления в этих точках для участка магистрали и соответствующего воздухопровода должны быть одинаковы (допускаемая погрешность – не более 5 %). Для увязки давлений в случае недостаточной потери давления в ответвлении используют 3 приема:

- можно увеличить до 5% расход воздуха в ответвлении при неизменном его диаметре, что приведет к увеличению скорости воздуха и увеличению потери давления;
- можно уменьшить диаметр воздухопровода ответвления;

– можно поставить в ответвление диафрагму.

Для условий приведенного примера и потери давления в рукавном фильтре 950

Па получено:

– полная потеря давления в аспирационной системе 2864,7 Па;

– напор вентилятора 3151,2 Па;

– расчетная мощность электродвигателя вентилятора 10,2 кВт.

Реализация указанного расчетного метода в программе позволяет упростить расчет, сделать его наглядным и понятным и увеличит производительность проектных работ.

Библиографический список

1. Воскресенский В.Е. Системы пневмотранспорта, пылеулавливания и вентиляции на деревообрабатывающих предприятиях. – СПб.: Политехника, 2008. – 430 с.

2. Глебов И.Т., Рысев В.Е. Аспирационные и транспортные пневмосистемы деревообрабатывающих предприятий. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2004. – 180 с.

Глебов И.Т. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) GIT5@yandex.ru

ОГРАНИЧЕНИЯ КРИТЕРИЕВ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ *DETERMINATION OF PARAMETERS FOR EFFICIENT WOODCUTTING*

Режимом резания называется совокупность числовых значений параметров процесса резания, относящихся к древесине, режущему инструменту и станку, от которых зависят технико-экономические показатели.

Совокупность параметров процесса резания дает множество режимов. Все они обеспечат обработку деталей. Но для производства важно не просто обработать детали, а обработать их с наименьшими затратами материалов, электроэнергии, труда.

В каждом режиме резания можно выделить один или несколько главных параметров, которые могут выступать как параметры оптимизации. Им стараются придать экстремальные или предельные значения. Таким параметром может быть, например, скорость подачи, которой стремятся обеспечить максимальное значение.

Другие главные параметры – шероховатость обработанной поверхности, мощность электродвигателя механизма главного движения и др. – рассматривают как ограничивающие параметры, или ограничения критериев качества.

Критерии качества позволяют выбрать наилучший вариант режима резания из альтернативных.

За критерий качества можно принять любой параметр процесса резания, по которому можно судить о достоинствах режима резания. К критериям предъявляется лишь одно требование: монотонная связь с качеством. Это значит, чем меньше (больше) критерий, тем лучше. Например, чем больше производительность,

меньше энергоемкость процесса, меньше шероховатость и себестоимость, тем лучше режим резания.

Если задан всего один критерий, то естественно считать наилучшим такой режим резания, при котором критерий будет оптимален (наибольший или наименьший). Такая задача решается просто. Однако один критерий не дает полного представления о режиме резания, о его возможностях. Более полную информацию можно получить при решении многокритериальной задачи. При нескольких критериях обычно не существует такого набора параметров, который одновременно оптимизировал бы все критерии, однако путем компромисса лучший набор выбрать можно. Для этого нужно назначить ограничения критериев, то есть *наихудшие значения критериев, на которые согласен расчетчик*.

При расчете режимов резания наиболее часто используют следующие ограничения критериев.

1. Ограничение подачи на зуб лезвийного режущего инструмента S_{z1} по шероховатости обработанной поверхности R_m :

$$S_{z1} \leq f(R_m). \quad (1)$$

Функция $f(R_m)$ обычно задана в табличной форме. По требуемому значению шероховатости обработанной поверхности расчетчик по таблице выбирает допустимое значение подачи на зуб.

2. Ограничение подачи на зуб по производительности пиления (по заполнению междузубных впадин пилы опилками) S_{z2} , мм:

$$S_{z2} = \theta t_3^2 / (t \sigma). \quad (2)$$

В формуле θt_3^2 есть площадь междузубной впадины пилы, θ – коэффициент площади впадины (формы зуба); t_3 – шаг зубьев, мм; σ – коэффициент напряженности впадины (его можно найти как отношение площади междузубной впадины к площади срезаемого слоя).

Коэффициент площади впадины θ для различных инструментов колеблется от 0,12 до 0,6. Коэффициент напряженности впадины зуба σ для рамных пил принимают 0,8...1,5, для ленточных – 1,5...2,5 и для дисковых – 2...3.

Подставляя в (2) средние значения коэффициентов θ и σ , получим следующие формулы для расчета предельно допустимых значений подачи на зуб по заполнению междузубных впадин опилками:

при пилении рамными пилами

$$S_{z2} = t_3^2 / (2 t_{\max});$$

при пилении ленточными пилами

$$S_{z2} = t_3^2 / [(5 \dots 6) t_{\max}];$$

при пилении дисковыми пилами

$$S_{z2} = t_3^2 / [(4 \dots 5) t_{\max}],$$

где t_{\max} – максимальная высота пропила.

3. Ограничение подачи на зуб по мощности, приходящейся на один режущий инструмент (одну пилу, одну фрезу и т.д.)

Предельно допустимое значение подачи на зуб по мощности рассчитывают так:

– находят окружную касательную силу резания на одном режущем инструменте,

Н:

$$F_x = \frac{1000P\eta}{Vi},$$

где P – мощность электродвигателя механизма главного движения, кВт;

η – КПД передачи от электродвигателя до режущего инструмента;

V – скорость главного движения, м/с;

i – количество режущих инструментов.

– находят касательную силу резания на одном зубе режущего инструмента, Н:

$$F_x = F_{x \text{ зуб}} \frac{l}{t_3},$$

где l – длина дуги контакта, мм;

t_3 – шаг зубьев инструмента, мм; для круглых пил и фрез $t_3 = \frac{\pi D}{z}$, где D – диаметр окружности резания, мм; z – количество зубьев инструмента.

– находят коэффициенты:

затупления

затупления

$$\alpha_\rho = 1 + (1 + 0,1 \frac{k}{p}) \frac{\Delta_\rho}{\rho_o + 50},$$

где k – касательное давление на переднюю грань зуба, МПа;

p – фиктивная сила резания при толщине срезаемого слоя $a \geq 0,1$ мм;

Δ_ρ – величина затупления режущей кромки в момент отказа, мкм;

ρ_o – радиус закругления режущей кромки нового или восстановленного зуба, мкм;

$$\lambda = \rho^2 + 0,2\rho + 0,01; \rho = \rho_o + \Delta_\rho; \rho \text{ – в мм.}$$

$$d = [\alpha_\rho p + 0,1(k + \frac{\alpha t}{b})],$$

где α – удельное сопротивление трения пилы в пропиле; при фрезеровании $\alpha = 0$;

$$m_1 = \frac{F_{x \text{ зуб}}}{a_n a_w a_\rho b_l d},$$

где a_n , a_w , a_ρ – поправочные коэффициенты на породу, влажность и встречное пиление (берутся в таблицах);

b_l – длина режущей кромки зуба пилы или ширина фрезерования, мм.

Если $m_1 > 1$, то толщина срезаемого слоя a определяется по формуле для макрослоев; при $m_1 \leq 1 - a_m$ – для микрослоев ($a_m \leq 0,1$ мм).

– толщина срезаемого слоя для макрослоя, мм

$$a = \frac{(\frac{F_{x \text{ зуб}}}{a_n a_w a_\rho b_l} - \alpha_\rho p)b}{(kb + \alpha t)};$$

– толщина срезаемого слоя для микрослоя, мм

$$a_m = 0,1 - \sqrt{\lambda(1 - m_1)};$$

– находят предельно допустимое значение подачи на зуб, ограниченное мощностью механизма главного движения

$$S_{z3} = \frac{ab_n}{b \sin \mu}, \quad (3)$$

где μ – угол подачи на середине дуги контакта;

b, b_n – ширина пропила и длина режущей кромки, мм.

4. Ограничение подачи на зуб S_{z4} , мм, по прочности полотен и зубьев рамных пил. Значения S_{z4} для разных пород древесины приведены ниже.

Подача на зуб S_{z4} , мм, при температуре древесины $t^\circ C$

Хвойные (кроме лиственницы),

мягколиственные $S_{z4} = (2,4 + 0,023 t^\circ) m_y$

Береза $S_{z4} = (2,2 + 0,020 t^\circ) m_y$

Лиственница, твердолиственные $S_{z4} = (2,0 + 0,014 t^\circ) m_y$

Примечание. Для плющенных зубьев $m_y = 1$; для разведенных - $m_y = 0,7$.

5. Ограничение подачи на зуб S_{z5} , мм, по устойчивости рамных пил

$$S_{z5} = \frac{\left(\frac{0,8F_{кр}t_3}{\alpha_\rho m_n b t_{max}} + 0,75t^\circ - 40 \right)}{(30 - 1,4t^\circ)}, \quad (4)$$

где m_n – коэффициент на породу;

$F_{кр}$ – критическая нормальная сила резания, Н, при которой рамная пила теряет плоскую форму:

$$F_{кр} = \pi^2 F_H \left[\frac{B}{12} + \frac{GS^3}{3F_H} \right] / l_c,$$

где F_H – сила натяжения пилы, Н (см. табл. 15); B и S – соответственно ширина и толщина пил, мм; G – модуль упругости при кручении, для стали $G = 8 \cdot 10^4$ МПа, l_c – свободная длина рамных пил, мм, между прокладками.

6. Ограничение подачи на зуб S_{z6} , мм, по наработке на отказ рамной пилы из стали 9ХФ со стеллитированными зубьями $T=480$ мин (по зарождению в междузубных пазухах усталостных микротрещин) можно определить по формуле, мм:

$$S_{z6} = \frac{C - \alpha_\rho p}{k + \frac{\alpha_\Delta t_{cp}}{b}}, \quad (5)$$

где $C = \frac{[\sigma_u] S t_3^2}{6b_l h a_n a_w a_g},$

где $[\sigma_{u3}] = 221$ МПа – предельное напряжение в междузубной пазухе пилы;

S – толщина пилы, мм; t_3 – шаг зубьев пилы, мм; t_{cp} – средняя высота пропила мм.

7. Ограничение подачи на зуб S_{z7} , мм, по критической касательной силе резания, при которой ленточная пила начинает вибрировать и теряет устойчивость

Критическая касательная сила резания, по данным А.Е. Феоктистова (ЦНИИМОД), при ширине пилы $B_1 = 40$ мм, толщине полотна пилы $S = 0,8$ мм, допускаемом напряжении в пиле 30 МПа и расстоянии между шкивами $L = 1250$ мм вычисляется по формуле, Н

$$F_{кр} = 10^6 s^3 (0,82 + 0,002B_1)(0,95 + 0,001\sigma) / L$$

Тогда допускаемая касательная сила резания одним зубом

$$F_{хдзуб} = 0,9F_{кр} t_3 / t,$$

где t – высота пропила, мм.

Подача на зуб по устойчивости пилы от допускаемой касательной силы резания, мм

$$S_{z7} = \frac{\left(\frac{F_{хдзуб}}{a_n a_w b_n} - \alpha_\rho p\right) b_n}{(kb + \alpha t)}. \quad (6)$$

8. Ограничение подачи на зуб S_{z8} , мм, по критической радиальной силы резания, при которой величина прогиба полотна пилы в плоскости наибольшей жесткости достигает значения выпуклости задней кромки m , полученного при вальцевании пилы. По данным Э.В. Трухина, нормальная критическая сила резания при $m = 0,2 \dots 0,35$ мм, модуле продольной упругости для стали 9ХФ $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа, моменте инерции $I = SB_1^3 / 12$ и напряжении натяжения полотна столярной пилы $\sigma = 30 \dots 50$ МПа находится по формуле, Н:

$$F_{zкр} = 9,72m(39,5EI + \sigma SB_1 L^2) / L^3$$

Допустимая нормальная сила резания для одного зуба, Н

$$F_{здзуб} = 0,9F_{zкр} t_3 / t.$$

Подача на зуб по критической нормальной силе, мм

$$S_{z8} = 0,1 + \frac{0,5\alpha_\rho^2 [\alpha_\rho p + 0,1k + \frac{\alpha t}{b}] \frac{\rho}{\rho + 50} - F_{здзуб} / b_n a_n a_w}{(k + \alpha t / b) \operatorname{tg}(\gamma - \varphi)}. \quad (7)$$

9. Ограничение подачи на зуб S_{z9} , мм, по точности пиления твердой древесины ленточной пилой может быть рассчитана по эмпирической формуле

$$S_{z9} = \frac{\omega}{6 + 0,018(t - 200)}, \quad (8)$$

где ω – допустимое рассеяние размеров по толщине пиломатериалов, мм.

Если пиломатериалы имеют поле допуска размера по толщине δ , то их можно выпилить на станке, обеспечивающем рассеивание размеров $\omega \leq 0,9\delta$.

10. Ограничение подачи на зуб S_{z10} , мм, по динамической устойчивости круглых пил. При продольном пилении периферийная зона пилы нагревается сильнее центральной. При достижении разности температур на линии окружности впадин и в зоне

зажимных фланцев некоторого критического значения ΔT пила начинает терять динамическую устойчивость. По данным В.К. Пашкова и С.В. Щепочкина (УГЛТУ) величину температурного перепада можно найти из выражения, °C:

$$\Delta T = \frac{KP\eta}{1,88 \cdot 10^{-6} D^{0,96} V^{0,426} b^{0,471}},$$

где K – коэффициент, учитывающий долю мощности резания, расходуемую на нагрев диска пилы.

Предельно допустимая подача на зуб по динамической устойчивости

$$S_{z10} = \frac{6 \cdot 10^7 m \Delta T}{a_n a_w a_s t z n} - \frac{\alpha_p p b_n}{\sin \varphi_{cp}}, \quad (9)$$

где m – коэффициент, учитывающий способ охлаждения пилы на станке;

t – высота пропила, мм; z – число зубьев; n – частота вращения пилы, мин⁻¹.

В расчетах режимов резания можно использовать и другие критерии.

Рациональный режим резания должен удовлетворять одновременно ограничениям всех критериев. Для этого находят ограничение критерия, для которого подача на зуб минимальна. Это значение принимается за расчетное, если оно может быть реализовано на станке.

Таким образом, исследуя различные критерии, характеризующие эффективность режима резания, можно выбрать рациональный режим резания древесины на станке.

Глебов И.Т. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) GIT5@yandex.ru

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРНОЙ ФРЕЗЫ COMPOUND ROUTER DESIGNING

Для установки ножей в сборных фрезах и ножевых валах часто используют клиновое крепление. Сборная фреза состоит из корпуса 1 (рис. 1) с посадочным отверстием и пазами, в которые вставлены ножи 2, клинья 4 с винтами 3. Винтами 3 обеспечивают монтажное крепление ножей.

Возникающие при вращении фрезы центробежные силы стремятся вырвать нож из паза. Этому препятствуют силы трения. Причем, чем больше центробежные силы, тем больше силы трения.

Методика определения монтажного усилия Q , создаваемого винтами, известна. Остается неясной, какова должна быть масса ножа и клина в механизме крепления.

При вращении фрезы на клин и нож действуют центробежные силы C_k и C_n , приложенные в центрах масс клина и ножа, расположенных на радиусах r_k и r_n .

Центробежные силы равны, Н:

$$C_k = \frac{m_k V_k^2}{r_k}; \quad C_n = \frac{m_n V_n^2}{r_n},$$

где m и V – масса, кг, и окружная скорость, м/с, центра массы клина и ножа соответственно.

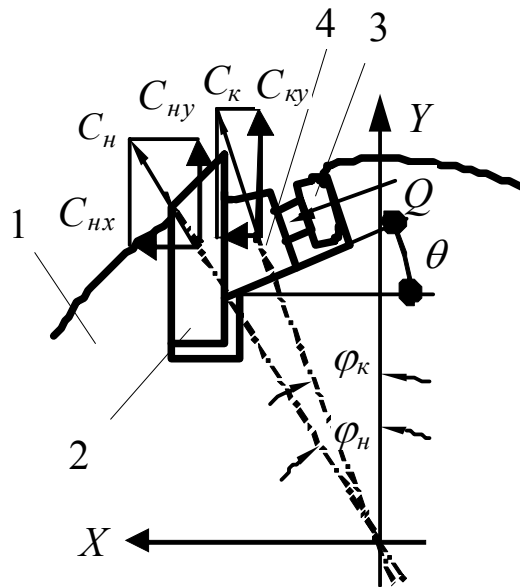


Рисунок 1 – Схема к расчету клинового крепления ножа

Найдем проекции действующих сил на оси координат X и Y, если ось Y параллельна передней грани ножа.

$$C_{kx} = \frac{m_k V_k^2}{r_k} \sin \varphi_k; \quad C_{nx} = \frac{m_n V_n^2}{r_n} \sin \varphi_n; \quad Q_x = Q \cos \theta. \quad (1)$$

$$C_{ny} = \frac{m_n V_n^2}{r_n} \cos \varphi_n. \quad (2)$$

Под действием силы C_{ny} нож стремится вылететь из паза корпуса. Этому препятствуют силы трения ножа по стенке паза и по поверхности клина.

При коэффициенте трения f ($f = 0,12 \dots 0,18$) и коэффициенте запаса α ($\alpha = 1,5 \dots 2$) условие равновесия ножа можно записать так:

$$C_{ny} = \frac{f}{\alpha} (C_{nx} + 2C_{kx} + 2Q_x). \quad (3)$$

С учетом уравнений (1), (2) получим

$$m_n = \frac{2fr_n}{r_k V_n^2 (\alpha \cos \varphi_n - f \sin \varphi_n)} (m_k V_k^2 \sin \varphi_k + Q r_k \cos \theta), \quad (4)$$

где r_n , r_k – радиусы центров масс ножа и клина соответственно, м.

Угол действия центробежной силы ножа φ_n зависит от величины переднего угла γ и ширины ножа b (рис. 2). Из рисунка следует.

$$x_1 = r \sin \gamma, \quad (5)$$

где r – радиус окружности резания фрезы, мм;

$$a + b = r \cos \gamma;$$

$$a = r \cos \gamma - b; \quad (6)$$

$$a = r_n \cos(\gamma + \Delta_\gamma). \quad (7)$$

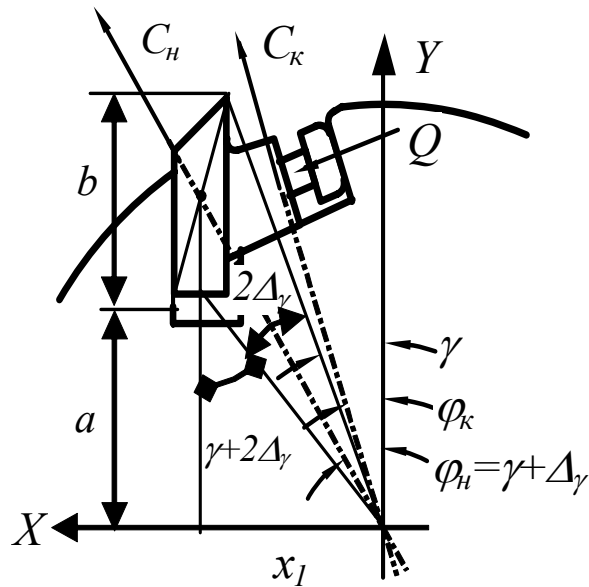


Рисунок 2 – Схема к расчету радиуса центра тяжести ножа и угловых параметров

Из (6) и (7) найдем радиус r_n центра тяжести ножа

$$r_n = \frac{r \cos \gamma - b}{\cos(\gamma + \Delta_\gamma)}, \quad (8)$$

где Δ_γ – приращение переднего угла на середине ширины ножа;

$$x_1 = a \operatorname{tg}(\gamma + 2\Delta_\gamma) = (r \cos \gamma - b) \operatorname{tg}(\gamma + 2\Delta_\gamma). \quad (9)$$

Из (5) и (9) получим

$$\Delta_\gamma = 0,5 \left[\operatorname{arctg} \left(\frac{r \sin \gamma}{r \cos \gamma - b} \right) - \gamma \right]. \quad (10)$$

$$\varphi_n = \gamma + \Delta_\gamma. \quad (11)$$

Проведем анализ уравнения (4) на примере.

Дано: диаметр сборной фрезы $D = 180$ мм, ширина – 170 мм. Частота вращения $n = 6000$ мин⁻¹; угол клина $\theta = 20^\circ$. Углы действия центробежной силы и радиусы центра масс клина и ножа соответственно $\varphi_k = 29^\circ$, $r_k = 73$ мм; φ_n и r_n находятся по выражениям (11) и (7). Монтажный зажим ножей двумя винтами $Q = 7600$ Н.

Задаваясь произвольно массой клина ($m_k = 0,5; 0,6; 0,7; 0,8$ кг) при ширине ножа $b = 40$ мм, а также изменяя величину переднего угла ($\gamma = 20^\circ; 25^\circ; 30^\circ$) по уравнению (4) найдем необходимую для надежного крепления массу ножа. Результаты расчета приведены на рис. 3.

Из полученных данных следует, что зависимость массы ножа от массы клина сборной фрезы линейная. С увеличением массы клина максимально допустимая масса ножа тоже увеличивается, причем, если масса клина увеличивается в 1,6 раза, то масса ножа может быть увеличена во всех случаях в 1,29 раза.

С увеличением переднего угла ножа от 20° до 30° максимально допустимая масса ножа может быть увеличена в 1,21 раза.

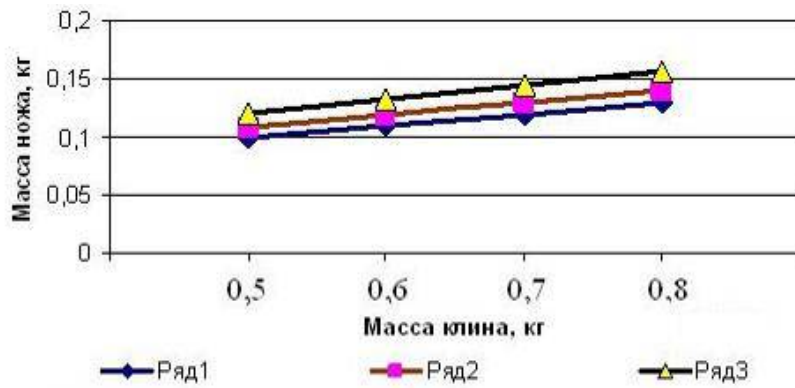


Рисунок 3 – Зависимость массы ножа от массы клина и переднего угла лезвия:
ряд 1 – $\gamma = 20^\circ$; ряд 2 – $\gamma = 25^\circ$; ряд 3 – $\gamma = 30^\circ$

Если монтажное усилие на винтах уменьшить от 7600 Н до нуля, то допустимая масса ножа уменьшается для заданной массы клина в 2,02; 1,85; 1,73; 1,64 раза и может быть равной соответственно 0,0493; 0,0592; 0,0690; 0,0789 кг.

Если ширину ножа уменьшить с 40 мм до 20 мм при $\gamma = 20^\circ$ и монтажном усилии $Q = 7600$ Н, то допустимая масса ножа уменьшается в 1,28 раза.

На рис. 4 показана зависимость отношения $\frac{m_k}{m_n}$ от массы клина фрезы при пе-

реднем угле $\gamma = 20^\circ$. Зависимость линейная. Ее уравнение $\frac{m_k}{m_n} = 3,1 + 3,9m_k$. Отсюда

$$m_n = \frac{m_k}{3,1 + 3,9m_k}. \quad (12)$$

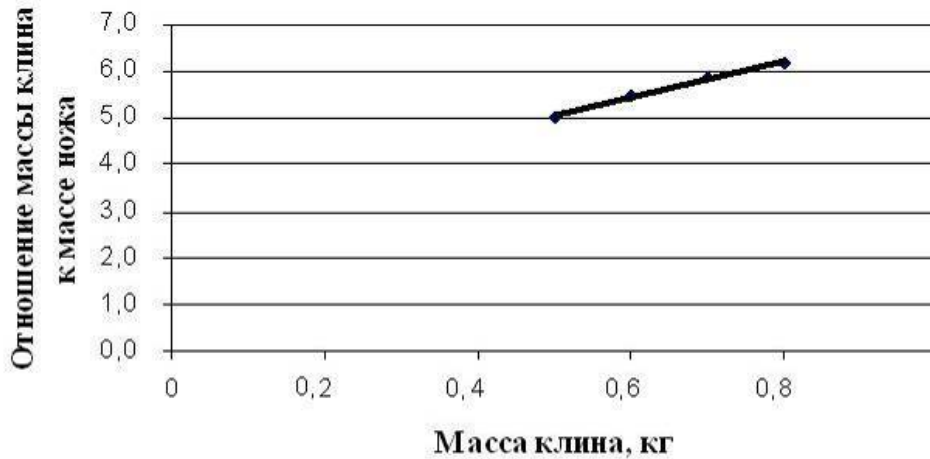


Рисунок 4 – Зависимость отношения m_k/m_n от массы клина

Если масса клина равна $m_k = 0,5$ кг, то должно быть $m_n = 0,099$ кг.

Для фрезы с передним углом $\gamma = 30^\circ$

$$\frac{m_k}{m_n} = 2,6 + 3,2m_k.$$

$$m_n = \frac{m_k}{2,6 + 3,2m_k} \quad (13)$$

Таким образом, при проектировании цилиндрической сборной фрезы масса ножа должна подбираться по формуле (12) и (13).

Глебов И.Т., Смирнов Е.А.
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) GIT5@yandex.ru

ЭНЕРГОЁМКОСТЬ НАРЕЗАНИЯ ЧАШ НА БРЁВНАХ СРУБА ДОМА POWER CAPACITY OF SHAPING LOG ENDS WHILE HOUSE CONSTRUCTION

Срубы деревянных домов изготавливают из оцилиндрованных бревен диаметром 18...32 см зимней заготовки. Для сборки сруба в бревнах выполняют цилиндрические чашки. Идеальная чашка вырезается в половину диаметра укладываемого бревна. Чашки формируются на чашкорезных станках.

Для определения мощности механизма главного движения чашкорезного станка необходимо знать объём древесины удаляемой при формировании чашки. Эту задачу можно решить двумя способами.

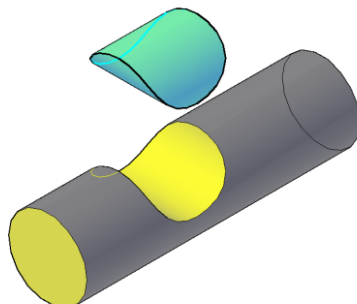


Рисунок 1 – Объем древесины, удаляемый из бревна

Способ 1 – графический. При помощи системы автоматического проектирования AutoCAD, построим геометрическое тело, которое представляет собой вырезанную часть бревна (рис. 1). Используя функцию «геометрия и масса», построим соединение брёвен и найдем объём вырезанной части бревна при нарезании чашки. Результаты полученных объемов для бревен различного диаметра сведем в табл. 1.

Таблица 1 – Объемы вырезанной части бревна при формировании чаш, см³

d, см	16	18	20	22	24	26	28	30	32
v, см ³	1189	1693	2323	3092	4014	5104	6374	7840	9515

Способ 2 – расчетный. Выведем формулу объёма вырезанной древесины при формировании чашки (рис. 2).

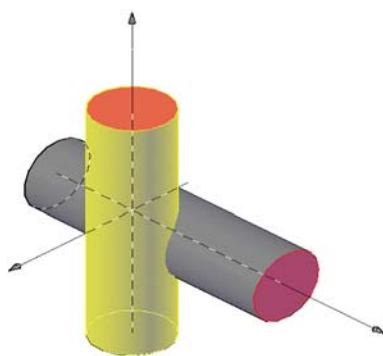


Рисунок 2 – Расчетная схема к определению объема вырезанной части бревна при формировании чашки

Объем сложного геометрического тела есть двойной интеграл

$$v = 2 \int_{-R}^R \int_0^{\sqrt{R^2-x^2}} \sqrt{R^2 - (y-R)^2} dy dx \quad (1)$$

Вычислим этот интеграл в системе автоматического проектирования MathCAD, получим

$$v = 2 \int_{-R}^R \int_0^{\sqrt{R^2-x^2}} \sqrt{R^2 - (y-R)^2} dy dx = 2,323R^3 \quad (2)$$

Выразим через диаметр

$$v = 2,323R^3 = 2,323 \left(\frac{d}{2}\right)^3 = \frac{2,323}{8} d^3 = 0,290375d^3 \quad (3)$$

Произведём вычисления нескольких диаметров брёвен и занесём данные в табл. 2.

Полученные данные совпадают в обоих способах, что доказывает правильность решения.

Таблица 2 – Объем чаш, полученный расчетным способом

$d, \text{ см}$	16	18	20	22	24	26	28	30	32
$v, \text{ см}^3$	1189	1693	2323	3092	4014	5104	6374	7840	9515

Представим формулу объема чаши в виде

$$v = \zeta d^3, \quad (4)$$

где v – объем чаши, см^3 ;

d – диаметр бревна, см;

ζ – коэффициент, $\zeta = 0,290375$.

Мощность фрезерования можно найти по удельной работе резания по формуле, кВт:

$$P = \frac{Kv'}{1000}, \quad (5)$$

где K – удельная работа резания, Дж/см³;

v' – секундный объем срезаемого слоя, см³/с.

Удельную работу находим по следующей формуле:

$$K = a_n a_w \left(k + \frac{\alpha \rho p}{a} \right),$$

где a_n , a_w , $\alpha \rho$ - поправочные коэффициенты соответственно на породу,

влажность древесины, затупление лезвия;

p – фиктивная сила резания, Н/мм;

k - касательное давление, Па.

Найдём секундный объём v' , это есть отношение полного объёма чашки к времени, за которое фреза удаляет этот объём, см³/с:

$$v' = v / t,$$

где v' - объём древесины удаляемой при формировании чашки, см³;

t - время фрезерования, с.

Время t , за которое фреза удаляет древесину, есть отношение расстояния, пройденного фрезой (в нашем случае расстояние будет равно диаметру бревна), к скорости подачи.

$$t = \frac{0,6d}{V_s}, \quad (6)$$

где V_s – скорость подачи, м/мин.

Тогда секундный объём измельчаемой древесины равен

$$v' = \frac{v}{t} = \frac{vV_s}{0,6d}.$$

Используя формулу (5), получим мощность главного движения, кВт:

$$P = \frac{Kv'}{1000} = \frac{KvV_s}{600d}.$$

Голенищев А.В., Красных С.В., Худорожков Е.Н.

(ООО «УралНИИЛП»),

Шавнина М.В. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

ИЗМЕРЕНИЕ ТОЧНОСТИ УСТАНОВКИ ХОДОВЫХ КОЛЕС ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ ASSESSMENT OF CORRECT ALIGNMENT OF CRANE WHEELS

Износ реборд ходовых колес грузоподъемных кранов. Эта проблема существует столько же, сколько сами краны, и до настоящего времени не имеет эффективного решения. Причина ускоренного износа реборд известна – это перекося колеса в горизонтальной плоскости. После тщательной выверки и устранения перекося колеса, у которого до этого наблюдался быстрый износ реборд, скорость износа реборд существенно сокращается.

Казалось бы, решение проблемы найдено. Но на практике измерить точность установки колеса (его перекося в горизонтальной плоскости) не так просто. Требования к

точности установки колес, приведенные в ГОСТ 28648–90 «Колеса крановые. Технические условия» и ГОСТ 27584-88 «Краны мостовые и козловые электрические. Общие технические условия», достаточно жесткие (рис. 1).

<p>Балансиры тележки мостовых кранов группы режима 7К Концевые балки мостовых кранов, ходовые балки козловых кранов грузоподъемностью 20 т и более, грузовые тележки Ходовые тележки козловых кранов при соединении стоек опор стяжками, ходовые балки козловых кранов грузоподъемностью до 20 т</p>	<p>Отклонение от теоретической линии, проходящей через середины колес</p> $K = \frac{\Delta_1' - \Delta_1''}{D_1} = \frac{\Delta_2' - \Delta_2''}{D_2}$ 	<p>$K = 0,0004$ $K = 0,0006$ $K = 0,0010$</p>
--	--	--

Рисунок 1 – Фрагмент таблицы из ГОСТ 27584-88

Если принять, что диаметр ходового колеса козлового или мостового крана равен 500 мм, то величина, которую надо измерить $\Delta' - \Delta''$, равна:

$$\Delta' - \Delta'' = K \cdot D = (0,0004 + 0,001) \cdot 500 = 0,2 + 0,5 \text{ мм.}$$

Кроме этого, измерить данный параметр по центральной оси колеса обычно не представляется возможным. Для измерения доступна только видимая часть колеса в просвете между рельсом и нижней гранью концевой балки (ходовой тележки). То есть, оценку точности установки колеса на практике обычно проводят не по диаметру, а по хорде, длина которой в лучшем случае составляет 200...250мм. Это значит, что допустимое значение для проверяемого размера уменьшается еще вдвое.

Очевидно, что наиболее распространенные простые методики измерения с помощью струны (или теодолита) и линейки не обеспечивают требуемую точность и здесь совершенно не годятся. Проведение подобных измерений более современным оборудованием, конечно, возможно, но такие измерения стоят уже неизмеримо дороже, что и сдерживает их широкое применение.

По нашему мнению, сейчас остро стоит вопрос разработки простой, но в то же время достаточно точной, инженерной методики измерений перекосов колес для того, чтобы на любом предприятии любой механик имел возможность, не используя сложное специальное оборудование, оперативно оценить правильность установки колес.

Проанализируем требования ГОСТ 27584-88 (рис.1). Здесь нормируемым показателем является безразмерная величина K , которая представляет собой не что иное, как тангенс угла между осью колеса и «теоретической линией, проходящей через середины колес (будем, для краткости, называть ее «ось концевой балки»)). Для оценки параметра K нет никакой необходимости в строгой привязке к диаметру колеса. Очевидно, что чем больше будет расстояние, на котором мы будем измерять отклонение оси оцениваемого колеса от оси концевой балки, тем точнее будут наши измерения.

Можно отказаться от прямых измерений расстояний от оси концевой балки до поверхности колеса. Вместо этого на доступной внешней поверхности колеса (для этого достаточно участка 50×150 мм) можно установить лазер, луч которого должен быть параллелен поверхности колеса или, что тоже самое, параллелен оси колеса. Дальней-

шие измерения можно будет проводить уже относительно луча лазера, как показано на рисунке 2.

В ООО «УралНИИЛП» изготовлен опытный экземпляр устройства для измерения перекосов колес. Самый дорогой элемент этого устройства – лазерная указка стоимостью 40 руб. - продается в любом киоске. Для удобства крепления и рамки с лазером и линейки на поверхности колеса используются магниты.

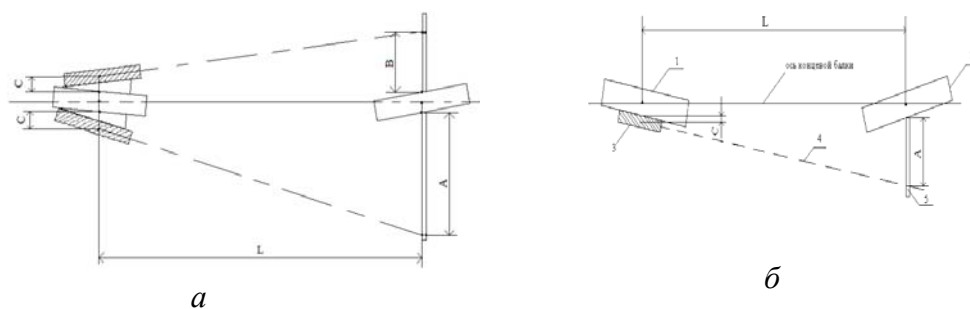


Рисунок 2 – Схема измерений перекоса колеса (а) и общий принцип измерения перекоса колеса (б):

1 – колесо, для которого проводится измерение перекоса; 2 – базовое колесо, относительно которого проводится измерение перекоса первого колеса; 3 – лазер; 4 – луч лазера; 5 – линейка; А – измеряемое расстояние от луча лазера до поверхности второго колеса; С – расстояние от луча лазера до поверхности первого колеса; L – расстояние между колесами.

Расстояние между опорными узлами мостового крана или ходовыми тележками козлового крана обычно составляет 6...14 м. Искомый тангенс угла перекоса оцениваемого колеса определяется как $(A - C)/L$.

По предлагаемой методике измерения проводятся одним и тем же устройством с обеих сторон колес (см. рис. 2а). В этом случае перекос колеса оценивается уже по формуле $(A - B)/2L$. Это существенно упрощает измерения, так как нет необходимости обеспечивать параллельность луча лазера оси измеряемого колеса.

Методика измерения опробована на вновь смонтированном козловом кране в г. Тюмени. Разность измеренных значений А и В (рис.2,а) для каждого из четырех ходовых колес составила 63; 65; 65 и 270 мм. В пересчете на нормируемый показатель К первые три колеса превысили допускаемое значение в 4 раза, последнее колесо – в 15 раз.

В том, что все колеса исследованного крана имеют большие отклонения от допускаемого значения нет ничего удивительного. Это согласуется с мнением других исследователей (много занимавшихся изучением правильности установки колес с помощью высокоточного оборудования), подтверждающих, что очень редко можно найти колесо, перекос которого строго соответствует требованиям ГОСТ.

Голенищев А.В., Красных С.В., Худорожков Е.Н.

(ООО «УралНИИЛП»),

Шавнина М.В. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРАВИЛЬНОСТИ УСТАНОВКИ ХОДОВЫХ КОЛЕС ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ

ASSESSMENT OF CORRECT ALIGNMENT OF CRANE WHEELS

Для специалистов, занимающихся изготовлением, ремонтом, обслуживанием и техническим диагностированием грузоподъемных кранов нами предлагается простая, не требующая дорогого оборудования и достаточно точная методика оценки правильности установки ходовых колес кранов. Рассмотрим общий принцип измерения перекоса колеса (рис.1).

По ГОСТ 27584-88 и ГОСТ 28648-90 нормируемым показателем точности установки колеса в горизонтальной плоскости является безразмерная величина K , которая представляет собой не что иное, как тангенс угла между осью колеса и «теоретической линией, проходящей через середины колес (будем, для краткости, называть ее «ось концевой балки» (см. рис. 1) [1], [2].

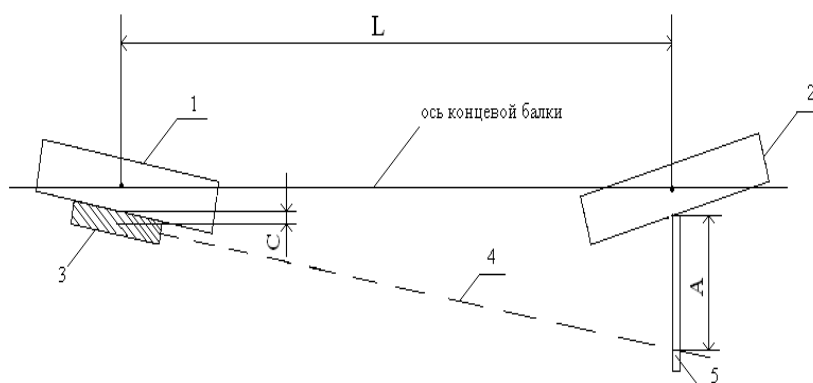


Рисунок 1 – Принцип измерения перекоса колеса:

1 – колесо, для которого проводится измерение перекоса; 2 – базовое колесо, относительно которого проводится измерение перекоса первого колеса; 3 – лазер; 4 – луч лазера; 5 – линейка; А – измеряемое расстояние от луча лазера до поверхности второго колеса; С – расстояние от луча лазера до поверхности первого колеса; L – расстояние между колесами

Общий принцип измерения перекоса колеса заключается в следующем: на доступной внешней поверхности колеса (для этого достаточно участка 50×150 мм) можно установить лазер, луч которого должен быть параллелен поверхности колеса или, что то же самое, параллелен оси колеса. Дальнейшие измерения можно будет проводить уже относительно луча лазера, как показано на рис.1. В качестве лазера может использоваться недорогая лазерная линейка. Искомый тангенс угла перекоса оцениваемого колеса определяется как $(A - C)/L$.

Казалось бы, все просто, но по рис.1, возникают два вопроса. Как измерить расстояние С? Как оценить параллельность луча лазера оси колеса?

Предлагаемая нами методика позволяет обойти эти трудности. Для этого оценка перекоса колеса проводится в следующей последовательности.

1. Лазер закрепляется в устройстве, показанном на рис. 2(б). Угол наклона луча лазера относительно опорной поверхности рамки выбирается таким, чтобы он был заведомо больше возможного угла перекоса колеса.

2. Рамка с лазером устанавливается как показано на рис. 2(а) на одной из внешних сторон колеса, а на втором колесе делается измерение расстояния A от луча лазера до внешней поверхности колеса.

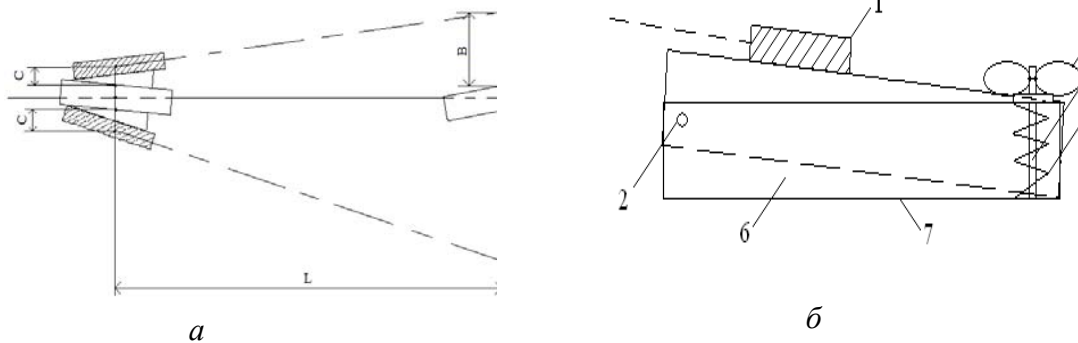


Рисунок 2 – Схема измерений перекоса колеса (а) и установка лазера на специальной рамке (б): 1 – лазер; 2 – шарнир; 3 – винт; 4 – пружина; 5 – гайка – барашка; 6 – складная рамка; 7 – опорная поверхность рамки

3. Аналогично измеряется расстояние B . Для этого и лазер и линейка устанавливаются с противоположной стороны измеряемого и базового колес.

4. Рассчитывается искомый тангенс угла поворота колеса K_K по формуле:

$$K_K = (A - B) / 2L \quad (1)$$

Данная формула получена следующим образом. Величина A равна:

$$A = C + L \cdot (K_L + K_K), \quad (2)$$

где K_L – тангенс угла поворота рамки лазера (или угла между осью колеса и лучей лазера); K_K – искомый тангенс угла поворота колеса.

Величина B , соответственно, равна:

$$B = C + L \cdot (K_L - K_K). \quad (3)$$

Решая эти два уравнения относительно K_K , получаем приведенную выше простую формулу для оценки тангенса угла поворота колеса $K_K = (A - B) / 2L$.

Как видно из приведенных вычислений, значения C и K_L сокращаются, то есть при двойном измерении с каждой стороны колеса такие параметры как расстояние от оси лазера до поверхности измеряемого колеса и выбранный угол наклона луча лазера не имеют значения.

В предлагаемой методике измерения приняты следующие очевидные допущения: колеса (измеряемое и базовое) имеют одинаковую ширину; внешние боковые поверхности каждого колеса ровные и взаимно параллельные; рамка лазера абсолютно жесткая и угол между лучом лазера и опорной поверхностью рамки постоянный; колеса находятся строго посередине относительно оси концевой балки или ходовой тележки.

В качестве недостатков методики можно выделить три момента:

1. Если кран работает вне помещения, то в солнечную погоду плохо видно луч лазера. Но это общий недостаток всех лазерных приборов.

2. Колеса имеют наклон в вертикальной плоскости. Допуск на вертикальный наклон колеса по ГОСТ 27584-88 составляет 0,005 и 0,015 на диаметр колеса, соответственно, для мостовых и козловых кранов. Для колеса диаметром 500 мм это составляет 2,5 и 7,5 мм. То есть, край колеса на который мы установили лазер или линейку из-за наклона колеса может быть смещен относительно центра колеса на 2,5/2 или 7,5/2 мм. Если измеряемое и базовое колеса наклонены в разные стороны, то угол, на который рассматриваемая нами ось концевой балки будет отличаться от фактической оси балки становится соизмеримым с допуском на перекося колеса. Это, конечно, не очень корректно. Поэтому, использовать предлагаемую методику желательно после выверки ходовых колес в вертикальной плоскости.

3. «Зайчик» лазерного луча от дешевой лазерной указки на расстоянии 8 и более метров представляет собой круглое пятно с не очень четкими очертаниями диаметром 5-6 мм. Это издержки дешевизны устройства. Более дорогой лазер позволит увеличивать точность измерений. Однако, визуально оценить центр даже такого не очень четкого пятна и соотнести его с делениями на линейке не представляет труда. Точность измерений в данном случае составляет ± 2 мм или около 10%, что можно признать вполне приемлемой для ориентировочной оценки правильности установки колес.

Библиографический список

1. ГОСТ 27584 – 88. Краны мостовые и козловые электрические. Общие технические условия. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www. kodeks . ru](http://www.kodeks.ru).
2. ГОСТ 28648 – 90. Колеса крановые. Технические условия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www. kodeks. ru](http://www.kodeks.ru).

Гришкевич А.А. (БГТУ, г. Минск, РБ) dosy@bstu.unibel.by

РАСЧЕТ НОРМАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЛЕЗВИИ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА CALCULATION OF NORMAL TENSION IN BLADE OF WOODWORKING TOOL

Современный дереворежущий инструмент должен иметь высокие показатели прочности, жесткости, надежности и долговечности, т.е. он должен наиболее продолжительное время сохранять свои режущие способности при минимальном износе всего периода взаимодействия с обрабатываемым материалом. Поэтому создание износостойкого дереворежущего инструмента вообще и фрезерного в частности продолжает оставаться одной из актуальных проблем в проектировании и расчете дереворежущих инструментов.

Значительные успехи в области расчета инструмента на прочность достигнуты в работах по исследованию металлорежущего инструмента.

Так, в работе [1] рассмотрен механизм разрушения и износа режущего инструмента в различных условиях его эксплуатации, а также вопросы хрупкой и пластической прочности режущей части инструмента.

Так, в работе [2] в качестве единой физической концепции, положенной в основу комплексного анализа процесса резания, использована теория дислокации физики твердого тела. Дислокационные представления раскрывают физическую природу процесса резания металлов по существу на атомном уровне. Это позволило вскрыть ряд новых закономерностей стружкообразования и формирования поверхностного слоя материала, показать принципиально новые пути интенсификации процесса резания металлов.

Следующим направлением в изучении процессов резания материалов является применение методов подобия [3]. Метод подобия позволяет распространить данные единого опыта на группу подобных между собой процессов резания и получить весьма общие теоретико-экспериментальные зависимости в виде критериальных уравнений. Количество проводимых опытов при этом значительно сокращается, а получаемые результаты становятся применимы к широкому кругу изучаемых явлений.

Расчету динамической прочности режущего инструмента посвящена работа [4]. Работа посвящена расчету прочности и надежности работы режущего инструмента в условиях ударного и циклического приложения как механических, так и тепловых нагрузок. В работе описаны последние достижения в теории резания металлов, механике деформирования и разрушения твердых тел. Приведены числовые методы расчета с помощью ЭВМ напряженно-деформированного состояния режущей части инструмента в условиях ее упруго-пластического деформирования, температурных полей и термонапряжений при различных условиях резания материалов.

Вопросам прочности и надежности сборного режущего инструмента посвящены работы [5,6,7].

В работе [5] дан статический анализ случаев разрушения резцов, фрез, сверл и метчиков, дается вероятностная оценка их прочности. Рассматриваются напряженное и деформированное состояния рабочей части твердосплавного инструмента как составного тела. Предлагаются методы его расчета на прочность и надежность. Излагается методика выбора режимов резания, конструктивных параметров инструмента и технологических вариантов его изготовления с учетом прочности инструмента и экономических факторов.

В работе [6] рассмотрены свойства сборного режущего инструмента, обуславливающие его качество и эффективность применения. Приведена методика проектирования систем инструментов. Дана классификация, методы расчета многочисленных конструкций металлорежущего инструмента. Обоснован выбор режимов резания в зависимости от конструктивных параметров режущего инструмента, жесткости технологической системы, обрабатываемого материала и других факторов.

Многие вопросы конструирования сборного металлорежущего инструмента и исследование его прочности изложены в работе [7]. В работе отражены пути обеспечения прочности и надежности сборного режущего инструмента. Проведен теоретический анализ напряженного состояния режущего элемента сборного инструмента. Раскрыты расчеты прочности режущего инструмента с применением метода конечных элементов. Приведена вероятностная оценка прочности сборного инструмента с учетом

особенностей его изготовления. Рассмотрены основные принципы конструирования и оптимизации сборного инструмента для автоматизации производства.

Приведем некоторые значимые исследования в области расчета дереворежущего инструмента.

В работе [8] изложена методика расчета цельных дереворежущих фрез на прочность, при этом необходимо учитывать как силы инерции, так и силы резания. Авторы доказали, что рациональным профилем зуба следует считать такой профиль, который по очертанию будет приближаться к брусу равного сопротивления.

Доказано, что следует стремиться к возможно максимальному уменьшению диаметра фрезы за счет уменьшения глубины впадины зуба, толщины ступицы и диаметра посадочного отверстия.

В работе [9] разработана методика определения силы инерции зуба фасонных цельных насадных фрез. Метод опирается на математическое описание фрезы, затылованной по спирали Архимеда. Составлен алгоритм расчета на прочность фасонных фрез с помощью ЭВМ.

В работе [10] авторы разработали методику расчета на прочность новой конструкции фрезы с изменяемыми углами резания. В работе отмечается, что при высоких частотах вращения фрезы могут иметь место либо заметные остаточные деформации, либо она полностью разрушается.

На основании теоретических рассуждений получена формула для расчета опасных напряжений с учетом продольной силы, изгибающего момента и центробежных сил инерции. Полученная формула позволяет подобрать материал для изготовления фрезы, геометрические и линейные параметры таким образом, чтобы максимальные напряжения в опасном сечении не превосходили допускаемые.

В работе [11] разработаны теоретические зависимости, позволяющие рассчитывать дереворежущий инструмент с учетом циклически изменяющихся нагрузок, возникающих в процессе цилиндрического фрезерования. На основании проведенных экспериментальных исследований получено математическое описание стойкостных показателей процесса фрезерования.

Практика показывает, что при резании древесины и древесных материалов хрупкое разрушение происходит только в сечениях лезвия, отстоящих от режущей кромки на небольших расстояниях. На этом основании расчет напряжений ведем для зоны, находящейся в пределах поверхности контакта обрабатываемого материала с задней поверхностью лезвия. Принимаем схему нагружения передней и задней поверхностей лезвия, приведенную на рис. 1.

На переднюю поверхность лезвия действует сплошная нагрузка, перпендикулярная к ее поперечному сечению (параллельно биссектрисе угла заострения) и распределенная на участке этого сечения «m», согласно закону

$$q_{x_1} = q_0 \left[1 - \left(\frac{x_\delta}{m_1} \right)^{n_1} \right], \quad (1)$$

где q_0 – интенсивность нагрузки в начале координат.

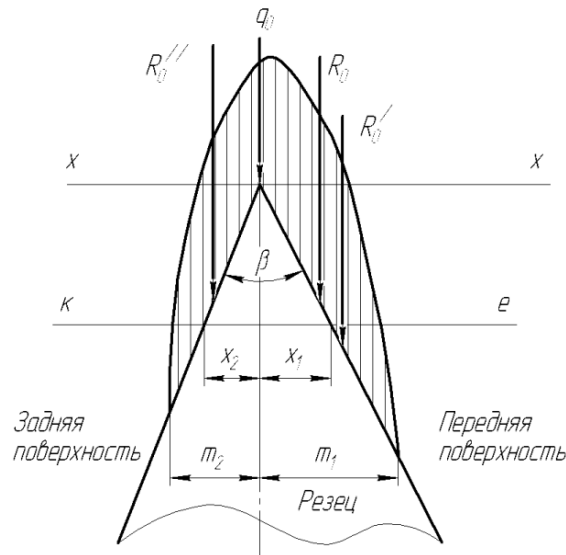


Рисунок 1 – Расчетная схема нагружения лезвия

Закон изменения нагрузки на заднюю поверхность аналогичен

$$q_{x_2} = q_0 \left[1 - \left(\frac{x_\delta}{m_2} \right)^{n_2} \right], \quad (2)$$

$x_1 = x_2 = x_\delta$.

Как и в случае с изгибающей нагрузкой, в данном случае нагрузка предполагается равномерно распределенной по ширине лезвия, а интенсивности q_{x_1} ; q_{x_2} и q_0 представляют собой результирующие нагрузок, собранных по ширине.

Равнодействующие сил, действующих на переднюю поверхность лезвия обозначим R_1 , на заднюю поверхность R_2 . Эти силы расположены соответственно на расстояниях l_1 и l_2 от биссектрисы угла заострения β (рис.2).

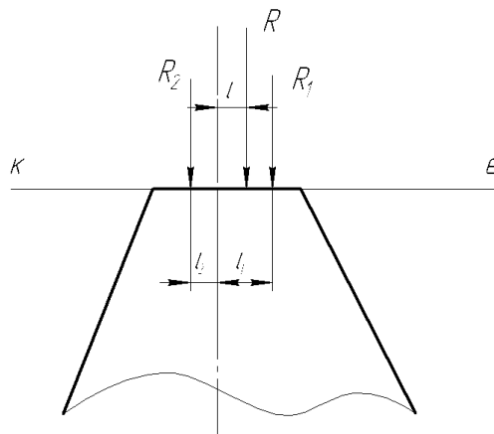


Рисунок 2 – Схема нагружения резца в сечении κε

Значение равнодействующей R_1 определим из уравнения

$$R_1 = \int_0^{x_1} q_{x_1} \cdot dx = \int_0^{x_1} q_0 \cdot \left[1 - \left(\frac{x_1}{m_1} \right)^{n_1} \right] dx = q_0 \cdot x_1 \cdot \left[1 - \frac{a_1^{n_1}}{n_1 + 1} \right], \quad (3)$$

где $a_1 = \frac{x_1}{m_1}$

Соответственно, равнодействующая сил, действующих на задней поверхности лезвия,

$$R_2 = \int_0^{x_2} q_{x_2} \cdot dx = \int_0^{x_2} q_0 \cdot \left[1 - \left(\frac{x_2}{m_2} \right)^{n_2} \right] dx = q_0 \cdot x_2 \cdot \left[1 - \frac{a_2^{n_2}}{n_2 + 1} \right], \quad (4)$$

где $a_2 = \frac{x_2}{m_2}$

Величина эксцентриситетов сил R_1 и R_2 определяются из уравнения

$$l_1 = \frac{S'_y}{R_1}; \quad l_2 = \frac{S''_y}{R_2}. \quad (5)$$

где S'_y и S''_y статические моменты относительно оси у площадей эпюр сплошной нагрузки, действующей соответственно на переднюю и заднюю поверхности лезвия, выше сечения ке.

$$S'_y = \int_0^{x_1} x \cdot q_{x_1} \cdot dx = \int_0^{x_1} x \cdot q_0 \cdot \left[1 - \left(\frac{x_1}{m_1} \right)^{n_1} \right] dx = q_0 \cdot x_1^2 \cdot \left[\frac{1}{2} - \frac{a_1^{n_1}}{n_1 + 2} \right] \quad (6)$$

$$S''_y = \int_0^{x_2} x \cdot q_{x_2} \cdot dx = \int_0^{x_2} x \cdot q_0 \cdot \left[1 - \left(\frac{x_2}{m_2} \right)^{n_2} \right] dx = q_0 \cdot x_2^2 \cdot \left[\frac{1}{2} - \frac{a_2^{n_2}}{n_2 + 2} \right]$$

Эксцентриситеты l_1 и l_2 определяются

$$l_1 = \frac{q_0 \cdot x_1^2 \cdot \left[\frac{1}{2} - \frac{a_1^{n_1}}{n_1 + 2} \right]}{q_0 \cdot x_1 \cdot \left[1 - \frac{a_1^{n_1}}{n_1 + 2} \right]} = x_1 \cdot \frac{\frac{1}{2} - \frac{a_1^{n_1}}{n_1 + 2}}{1 - \frac{a_1^{n_1}}{n_1 + 2}}$$

$$l_2 = \frac{q_0 \cdot x_2^2 \cdot \left[\frac{1}{2} - \frac{a_2^{n_2}}{n_2 + 2} \right]}{q_0 \cdot x_2 \cdot \left[1 - \frac{a_2^{n_2}}{n_2 + 2} \right]} = x_2 \cdot \frac{\frac{1}{2} - \frac{a_2^{n_2}}{n_2 + 2}}{1 - \frac{a_2^{n_2}}{n_2 + 2}} \quad (7)$$

Равнодействующая сил R_1 и R_2 равна их сумме

$$R = R_1 + R_2 = q_0 \cdot x_1 \cdot \left[1 - \frac{a_1^{n_1}}{n_1 + 2} \right] + q_0 \cdot x_2 \cdot \left[1 - \frac{a_2^{n_2}}{n_2 + 2} \right]$$

Учитываем, что $x_1 = x_2 = x_\delta$ (Рис.1 и 3) и одновременно для упрощения дальнейших расчетов допускаем, что $n_1 = n_2$ (что, по-видимому, можно сделать, так как обе поверхности лезвия внедряются в один и тот же обрабатываемый материал).

Хотя, строго говоря, закон распределения нагрузки по передней поверхности может значительно отличаться от такового по задней поверхности. Но ввиду небольших, как правило, значений сил по задней поверхности [12] это не повлечет за собой большой ошибки, но значительно упростит теоретические расчеты.

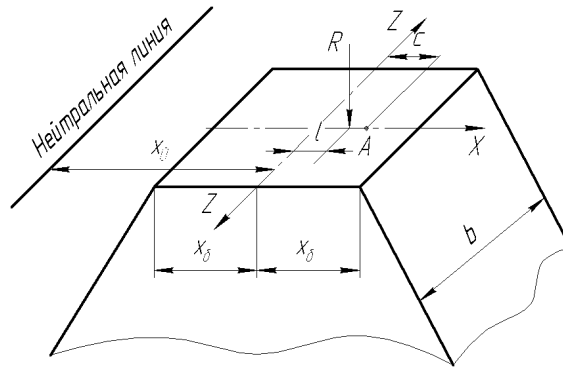


Рисунок 3 – Положение нейтральной линии

На основании выше изложенных допущений получаем:

$$R = q_0 \cdot x_\delta \cdot \left[2 - \frac{a_1^n + a_2^n}{n + 1} \right] \quad (8)$$

Эксцентриситет равнодействующей R

$$l = \frac{R_1 \cdot l_1 - R_2 \cdot l_2}{R} \quad \text{или}$$

$$l = \frac{q_0 \cdot x_\delta \cdot \left[1 - \frac{a_1^n}{n + 1} \right] \cdot x_\delta \cdot \frac{1 - \frac{a_1^n}{n + 2}}{1 - \frac{a_1^n}{n + 1}} - q_0 \cdot x_\delta \cdot \left[1 - \frac{a_2^n}{n + 1} \right] \cdot x_\delta \cdot \frac{1 - \frac{a_2^n}{n + 2}}{1 - \frac{a_2^n}{n + 1}}}{q_0 \cdot x_\delta \cdot \left[2 - \frac{a_1^n + a_2^n}{n + 1} \right]} \quad (9)$$

$$= x_\delta \cdot \frac{(n + 1) \cdot (a_2^n - a_1^n)}{(n + 2) \cdot (2n + 2) - (a_1^n + a_2^n)}$$

Напряжения в любой точке сечения А могут быть определены с достаточной степенью точности по формуле

$$\sigma = -\frac{R}{F} - \frac{R \cdot l \cdot c}{I_z} \quad (10)$$

где c – расстояние от оси Z до точки, в которой определяется напряжение (« c » подставляется с учетом знака, см. рис. 3); F – площадь поперечного сечения лезвия, в которой определяются напряжения

$$F = 2x_\delta \cdot b \quad (11)$$

b – ширина лезвия;

I_z – момент инерции поперечного сечения,

$$I_z = \frac{b \cdot (2x_\delta)^3}{12} = \frac{2}{3} \cdot b \cdot x_\delta^3 \quad (12)$$

Напряжения определяем по формуле

$$\sigma = -\frac{q_0 \cdot x_\delta \cdot \left[2 - \frac{a_1^n + a_2^n}{n+1} \right]}{2x_\delta \cdot b} - \frac{q_0 \cdot x_\delta \cdot \left[2 - \frac{a_1^n + a_2^n}{n+1} \cdot x_\delta \cdot \frac{n+1}{n+2} \cdot \frac{a_2^n - a_1^n}{2(n+1) - (a_1^n + a_2^n)} \cdot c \right]}{\frac{2}{3} \cdot b \cdot x_\delta^3} = \frac{-q_0 \left(2 - \frac{a_1^n + a_2^n}{n+1} \right)}{2b} \cdot \left[1 + \frac{3c \cdot \frac{n+1}{n+2} \cdot \frac{a_2^n - a_1^n}{2(n+1) - (a_1^n + a_2^n)}}{x_\delta} \right] \quad (13)$$

Для определения интенсивности нагрузки в начале координат определим равнодействующие всей нагрузки по передней и задней поверхностям R'_0 и R''_0 . Для этого примем $x_1 = m_1$; $x_2 = m_2$; $a_1 = a_2 = 1$.

Тогда

$$R'_0 = \frac{q_0 \cdot m_1 \cdot n}{n+1}; \quad R''_0 = \frac{q_0 \cdot m_2 \cdot n}{n+1}.$$

Отсюда равнодействующая всей нагрузки, действующей параллельно биссектрисе угла заострения β , будет равна

$$R_0 = R'_0 + R''_0 = \frac{q_0 \cdot m_1 \cdot n}{n+1} + \frac{q_0 \cdot m_2 \cdot n}{n+1} = \frac{q_0 \cdot n \cdot (m_1 + m_2)}{n+1} = F_{\text{бис}}$$

$$\text{Откуда} \quad q_0 = \frac{R_0 \cdot (n+1)}{n \cdot (m_1 + m_2)}. \quad (14)$$

Подставив (14) в (13), получим формулу для определения напряжений в любой точке поперечного сечения лезвия.

$$\sigma_{\text{нле}} = \frac{F_{\text{бис}} \cdot (n+1)}{n \cdot (m_1 + m_2)} \cdot \left(2 - \frac{a_1^n + a_2^n}{n+1} \right) \cdot \left[1 + \frac{3c \cdot \frac{n+1}{n+2} \cdot \frac{a_2^n - a_1^n}{2(n+1) - (a_1^n + a_2^n)}}{x_\delta} \right] \quad (15)$$

Из расположения сил (рис.2, 3) видно, что максимальные сжимающие напряжения будут при $c = x_\delta$, т.е. на передней поверхности лезвия.

Чтобы выяснить, будут ли возникать растягивающие напряжения на задней поверхности лезвия от внецентренно приложенной силы R_0 , определим положение нейтральной линии. Нейтральная линия пройдет параллельно оси Z (рис.3) и отсечет от оси x отрезок x_0 , равный

$$x_0 = -\frac{\frac{2^2}{1}}{\frac{3x_\delta \cdot \frac{n+1}{n+2} \cdot \frac{a_2^n - a_1^n}{(2n+2) - (a_1^n + a_2^n)}}} = -\frac{x_\delta^2}{3 \cdot \frac{n+1}{n+2} \cdot \frac{a_2^n - a_1^n}{(2n+2) - (a_1^n + a_2^n)}} = -\frac{x_\delta}{3 \cdot \frac{n+1}{n+2} \cdot \frac{a_2^n - a_1^n}{(2n+2) - (a_1^n + a_2^n)}} = -\frac{x_\delta(n+2) \cdot [(2n+2) - (a_1^n + a_2^n)]}{3 \cdot (n+1) \cdot (a_2^n - a_1^n)} \quad (16)$$

Проанализируем уравнение (16) и установим, может ли нейтральная линия пересекать лезвие.

Рассмотрим крайний случай, когда нейтральная линия касается сечения, т.е. $x_0 = x_\delta$.

$$x_\delta = \frac{x_\delta(n+2) \cdot [(2n+2) - (a_1^n + a_2^n)]}{3 \cdot (n+1) \cdot (a_2^n - a_1^n)}$$

$$\text{Или } 3 \cdot (n+1) \cdot (a_2^n - a_1^n) = (n+2) \cdot [(2n+2) - (a_1^n + a_2^n)] \quad (17)$$

После преобразования получим

$$4n \cdot a_2^n - 2n \cdot a_1^n + 5a_2^n - a_1^n - 2n^2 - 6n - 4 = 0$$

Это уравнение можно получить несколько иным путем. Для того, чтобы нейтральная линия не пересекала сечения режущей кромки, необходимо, чтобы равнодействующая R не выходила за пределы ядра сечения.

Так как сечение лезвия прямоугольное, то границы ядра сечения по оси x будут отстоять от центра на расстоянии $\frac{1}{3} - x_\delta$. Если эксцентриситет l , согласно формулы (9),

будет больше $\frac{1}{3}x_\delta$, то нейтральная линия пересечет сечение лезвия; если l будет мень-

ше $\frac{1}{3}x_\delta$, то нейтральная линия пройдет за пределами сечения лезвия; и если l будет

равно $\frac{1}{3}x_\delta$, то нейтральная линия будет касаться сечения лезвия. Приравняв выраже-

ния (9) к $\frac{1}{3}x_\delta$, получим условие аналогичное (17).

Но проверочный анализ показывает, что чем больше l , тем больше вероятность того, что нейтральная линия пересечет сечение лезвия.

Из формулы (9) видно, что l будет увеличиваться с увеличением a_2 . Наибольшее значение, которое может принять a_2 , равно единице.

Рассмотрим последнее уравнение при $a_2=1$

$$a_1^n (2n+1) + 2n(n+1) - 1 = 0 \quad (18)$$

При условии (18) нейтральная линия будет или касаться сечения лезвия или пересекать ее. Так как a_1 может быть только положительным, то решение (18) возможно только при $2n(n+1) - 1 \leq 0$

$$\text{или } 2n^2 + 2n - 1 \leq 0$$

$$\text{откуда } n \leq \frac{-2 \pm \sqrt{4+8}}{4} = \frac{-2 \pm 3,46}{4}.$$

В виду того, что нагрузка на лезвие, встречающаяся на практике описывается уравнением (1) только при $n \geq 0$, то исследуем только положительное решение

$$n \leq \frac{-2 + 3,46}{4} \leq 0,365$$

Таким образом, при $n \leq 0,365$ в поперечных сечениях лезвия, для которых

$$a_1 = \sqrt{\frac{1 - 2n(n+1)}{2n+1}}$$

нейтральная линия может пересечь режущую кромку.

Но как показано раньше при $n < \frac{1}{3}$ расчет можно вести по уравнению (18). Следовательно, для случаев, когда $n > 0,365$, которые исследуются в настоящей работе, можно считать, что от силы, действующей параллельно биссектрисе угла заострения β $F_{\text{бис}}=R_0$ в поперечном сечении лезвия возникают только сжимающие напряжения.

Для определения величины этих напряжений на поверхности лезвия от действия сжимающих сил в уравнении (15) принимаем $c = \pm x_8$ (рис.3) и получим:

$$\sigma_{\text{нас}} = \frac{F_{\text{дв}} \cdot (n+1)}{n \cdot (m_1 + m_2)} \left(2 - \frac{a_1^n + a_2^n}{n+1} \right) \cdot \left[1 \pm 3 \cdot \frac{n+1}{n+2} \cdot \frac{a_2^n - a_1^n}{2(n+1) - (a_1^n + a_2^n)} \right]. \quad (19)$$

Знак плюс перед слагаемым в квадратных скобках относится к передней поверхности лезвия; знак минус – к задней.

Выводы

1. Отсутствие четкого представления о процессах происходящих вблизи режущей кромки лезвия и на его поверхностях делает расчет прочности лезвия инструмента приближенным.
2. Получена формула для определения нормальных напряжений в поперечном сечении лезвия от сил, действующих параллельно биссектрисе угла заострения.
3. При расчете нормальных напряжений в опасных точках лезвия следует учитывать внецентренное приложение равнодействующей сплошной нагрузки по ширине.

Библиографический список

1. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента.– М.: Машиностроение, 1982.–320с.
2. Старков В.К. Дислокационные представления о резании металлов.–М.: Машиностроение, 1979.–160с.
3. Силин С.С. Метод подобия при резании материалов.– М.: Машиностроение, 1979.–152с.
4. Остафьев В.А. Расчет динамической прочности режущего инструмента .–М.: Машиностроение, 1979.–168с
5. Хае Г.Л. Прочность режущего инструмента. М.: Машиностроение, 1975.–168с
6. Сборный твердосплавной инструмент. / Г.Л. Хае, В.М. Гах, К.Г. Громаков и др. Под общей редакцией Г.Л. Хаега .– М.: Машиностроение, 1989.–256с
7. Михайлов М.И. Повышение прочности сборного режущего инструмента / под ред. П.И. Ящерицина.–Мн.: Навука і тэхніка, 1993.–174 с.
8. Кряжев Н.А., Соболев Ю.С. Расчет цельных дереворежущих фрез на прочность //Научные труды/ МЛТИ, 1972, Вып.46. с.108-135.
9. НГУЕН ХЫУЛОК Расчет фасонных цельных насадных затылованных фрез на прочность с применением ЭВМ.//Технология и оборудование заготовки и переработки древесины. Мн., 1990. Вып.5 с.121-127.
10. Макаревич С.С. Клубков А.П., Гришкевич А.А. Расчет на прочность сборной фрезы с изменяемыми угловыми параметрами. Труды БГТУ. Серия II. Лесная и деревообработ. пром-сть. Вып.II Мн, 1994, с 118-122.

11. Усталостные явления в режущем инструменте при цилиндрическом фрезеровании древесины и древесных материалов. А.П. Клубков, А.А. Гришкевич, С.С. Макаревич, В.И. Гиль. Материалы, технологии, инструменты. Т.10, 2005, №3, с.28-33.

12. Бершадский А.Л., Цветкова Н.И. Резание древесины. Мн., «Вышэйшая школа», 1975. 304 с.

Гришкевич А.А., Чаевский В. В. (БГТУ, г. Минск, РБ)

dosy@bstu.unibel.by

ВЛИЯНИЕ УПРОЧНЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ НОЖЕЙ ПРИ АГРЕГАТНОЙ ОБРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ

INFLUENCE OF REINFORCING ON DURABILITY OF KNIVES IN WOOD MACHINING

Введение. Резание древесины и древесных материалов широко применяется на практике деревообрабатывающих производств. Для получения готовой продукции с максимальным экономическим эффектом в настоящее время является недостаточным только нахождение оптимальных режимов резания, расчет рациональной конструкции и геометрии дереворежущего инструмента. Механическая обработка древесных материалов традиционными инструментами, изготовленными из инструментальных сталей, экономически не оправдана из-за низкой стойкости такого инструмента. Наиболее современными направлениями в области совершенствования деревообрабатывающего инструмента являются использование в качестве резцов сверхтвердых материалов, синтетических алмазов, различных способов модификации поверхности резцов [1]. Одним из наиболее эффективных способов модификации поверхности стальных и твердосплавных режущих элементов дереворежущих инструментов является метод конденсации вещества из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой поверхности (КИБ) [2], позволяющей регулировать специфику износа и существенно увеличивать ресурс работы резцов.

В мировой практике высокое признание для способов переработки бревен диаметром 8–24 см получило использование различных конструкций фрезернопильных и фрезерно-брусующих линий, имеющих преимущества в более высокой производительности и предельно упрощенной технологии перед универсальным оборудованием [3]. Фрезерно-брусующие станки (ФБС) представляют собой агрегаты с системой шпинделей для установки на них инструментов. Для обеспечения подачи и базирования бревен относительно фрез станки имеют конвейерные подающие механизмы. ФБС отличаются друг от друга типами фрезерного инструмента, конвейерных подающих устройств, конструктивным решением базирующих устройств, компоновкой узлов в пространстве. Техническая функция фрез или ножевых валов, устанавливаемых на фрезерно-брусующих станках, состоит в получении из бревна бруса путем фрезерования боковых поверхностей бревна и превращении объема древесины в технологическую щепу. Ус-

танавливая фрезерно-брусующие станки последовательно, можно перерабатывать бревно вначале в двухкантный, а затем в четырехкантный брус.

Один из видов конструкции резцов ФБС – двухлезвийные, и процесс обработки древесины в этом случае 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 продольно-торцовом виде резания. Поэтому упрочнение режущих кромок инструмента является весьма актуальной задачей.

Целью данной работы было изучение износостойкости и характера износа двухлезвийных ножей фрез с напыленными ионно-плазменными покрытиями и определение ресурса работы модифицированного инструмента при процессах резания хвойных пород древесины.

Экспериментальная часть. Мо–N покрытия осаждались на поверхность резцов методом КИБ на установке ВУ-2МБС в два этапа.

Проводилась предварительная обработка ионами молибдена в вакууме 10^{-3} Па при отрицательном потенциале подложки 1 кВ. Затем покрытия наносились при токе горения дуги катода 180 А и опорном напряжении $U_{оп} = 120$ В в атмосфере азота при давлении 10^{-1} Па. Температура при осаждении соответствовала 400–450 °С. Толщина полученных покрытий не превышала 3 мкм.

Фазовый состав полученных Мо–N покрытий исследовался методом рентгеноструктурного анализа при помощи дифрактометра ДРОН-4.0 в $Cu-K_{\alpha}$ излучении. Для выяснения механизмов износа покрытий и определения износостойкости двухлезвийных ножей при механической обработке древесины были проведены фрактографические исследования морфологии и элементного состава режущей кромки инструмента после производственных испытаний с помощью методов рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) и растровой электронной микроскопии (РЭМ) на сканирующем электронном микроскопе LEO–1455VP.

В качестве режущего инструмента использовалась фреза, состоящая из двухлезвийных стальных ножей. Износостойкость режущего инструмента исследовалась на фрезерно-брусующей линии фирмы SAB (Германия) при обработке бревен из сосны и ели на деревообрабатывающем комбинате ОАО «Борисовский ДОК» г. Борисова. Средний диаметр обрабатываемых бревен сосны и ели составил 20,4 см, при толщине щепы 5 мм и длине щепы 25 мм. Угол среза торца щепы составлял 45° .

Результаты и их обсуждение. Установлено, что при КИБ осаждении молибдена в среде азота на резец образуется двухфазное покрытие, состоящее из фаз нитрида молибдена и металла ($\delta-Mo_2N$ и $\alpha-Mo$) с текстурой (200), формирование которой обусловлено ростом зерен в направлении плазменного потока, что соответствует данным [4]. Суммарное количество штук обработанных бревен N фрезами с двухлезвийными ножами рассчитывалось по формуле

$$N = 4Q / \pi D^2 L_{бр}, \quad (1)$$

где Q – объем переработанного материала, D – диаметр бревна, $L_{бр}$ – длина бревна.

В результате суммарное количество обработанных бревен сосны и ели составило $N = 9497$ шт.

Суммарный путь резания резца L без покрытия в древесине вычислялся по формуле [5]:

$$L = N \cdot \frac{L_{\text{эд}}}{S_z} \times \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sqrt{\left(\frac{k l \theta}{2\pi} + R \cdot \sin \theta\right)^2 + (R \cdot \cos \theta)^2} d\theta \quad (2)$$

где S_z – подача на резец, мм; θ_1 – угол входа ножа в древесину, град; θ_2 – угол выхода ножа из древесины, град; k – число ножевых спиралей, шт; l – длина элемента щепы, мм; θ – угол контакта ножа, град; R – радиус резания ножа, мм.

Суммарный путь резания двухлезвийного ножа без покрытия в древесине вычислялся в математическом пакете MathCAD.

Полученные результаты суммарного значения пути резания резца без покрытия в древесине сосны и ели по дням недели представлены в таблице.

Проведенный предварительный расчет износостойкости режущего инструмента на основе данных РЭМ (рис. 1) показывает увеличение износостойкости резцов с покрытиями Mo–N в 4 и с покрытиями на основе S-составляющей в 5 раз по сравнению с резцами без покрытия.

Ранее установлено, что рабочая поверхность твердосплавных ножей без покрытия подвержена хрупкому разрушению в виде скалывания и выкрашивания в процессе эксплуатации [6].

Осаждение покрытия на поверхность резца изменяет характер износа режущей кромки инструмента: наблюдается сглаживание образующихся в процессе износа трещин поверхности материала (рис. 2, 3).

Присутствие значительной доли фазы металлического молибдена в Mo–N покрытиях, вероятно, вызывает снижение коэффициента трения за счет налипания на резец металлических частиц α -Mo покрытия при износе и последующего их деформационного втирания в инструмент в область контакта с обрабатываемым материалом. В результате происходит уменьшение шероховатости поверхности трека износа. Об этом свидетельствуют заглаженный вид треков износа для этих типов покрытий на РЭМ фотографиях режущей кромки инструмента (рис. 2, а).

Таблица – Результаты пути резания древесины резцом без покрытия

День недели	Объем обработанных бревен, м ³	Средний диаметр, см	Длина бревен, м	Суммарный путь резания ножа без покрытия, L , мм
понедельник	160	20,4	4,0	$4,933 \cdot 10^6$
вторник	152			$4,686 \cdot 10^6$
среда	204			$6,289 \cdot 10^6$
четверг	230			$7,091 \cdot 10^6$
пятница	162			$4,994 \cdot 10^6$
суббота	333			$1,027 \cdot 10^7$
Всего	1241			$3,826 \cdot 10^7$

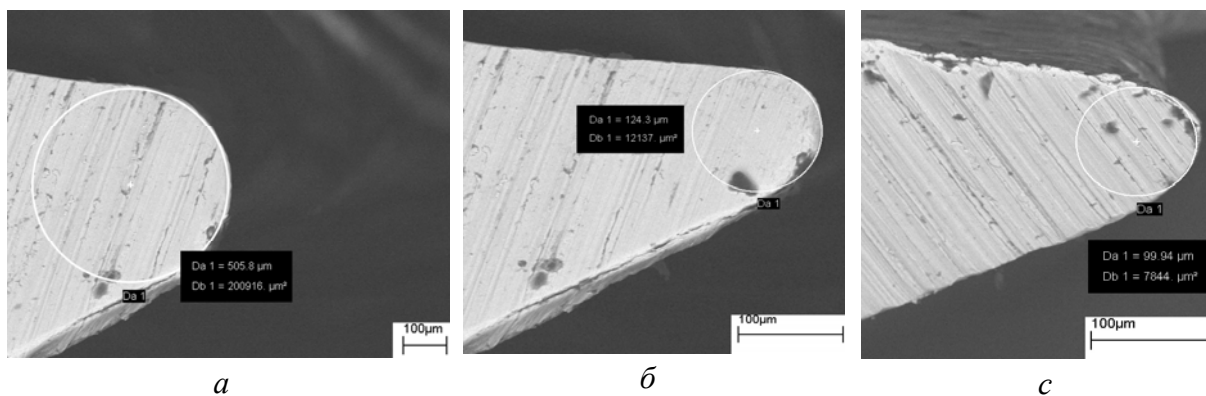


Рисунок 1 – РЭМ – изображение поверхности торца режущей кромки резца с расчетом диаметра закругления изношенной части кромки резца без покрытия (а), с Mo-N покрытием (б), с покрытием на S-основе, (в) после деревообработки

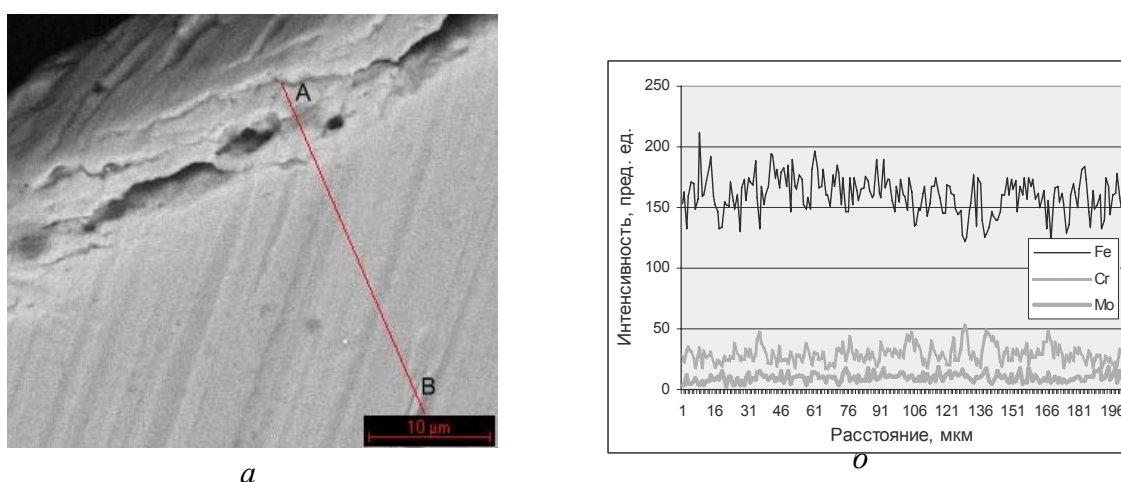


Рисунок 2 – РЭМ изображение поверхности (а) и распределение характеристического рентгеновского излучения Mo, Fe и Cr вдоль линии АВ (б) Mo-N покрытия изношенной режущей кромки резца

Наблюдение трещин и сколов на поверхности режущей кромки стальных резцов с покрытиями как Mo-N, так и на основе S-составляющей (рис. 2, а, 3, а) расширяет вывод о хрупком разрушении в виде скалывания и выкрашивания в процессе эксплуатации модифицированного инструмента, изготовленного не только из твердых сплавов, но и из стальных основ.

Значительное увеличение износостойкости резцов с покрытиями на основе S-составляющей, по-видимому, связано с образованием в процессе резания в зоне контакта резец – дерево слоя-смазки, состоящего из серы и металлических включений материала инструмента. Наличие слоя-смазки существенно уменьшает коэффициент трения за счет преобладания в слое частиц серы, имеющих низкую микротвердость. По нашему мнению, структура покрытия на основе S-составляющей содержит подавляющую долю мелкодисперсных субзерен несвязанной серы, которые легко выделяются на поверхность данного покрытия, образуя основу слоя-смазки и, в итоге, являясь причиной уменьшения коэффициента трения между поверхностями резца и дерева.

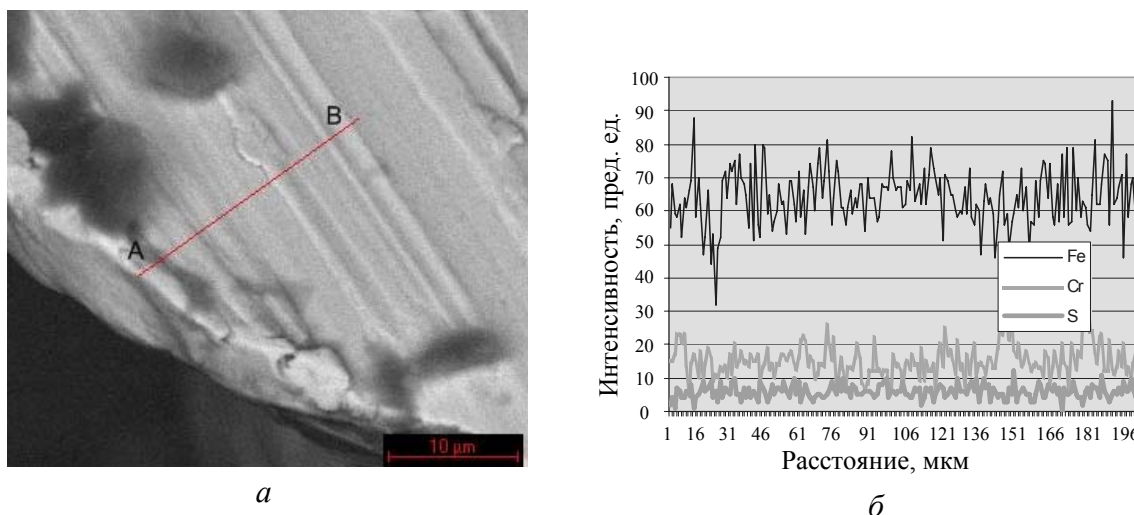


Рисунок 3 – РЭМ изображение поверхности (а) и распределение характеристического рентгеновского излучения Mo, Fe и Cr вдоль линии АВ (б) покрытия на S-основе изношенной режущей кромки резца

На основе вышеизложенного можно заключить, что при резании хвойных пород дерева двухлезвийными ножами наблюдается абразивно-химический вид износа поверхности инструмента.

Заключение. Таким образом, осажденные методом КИБ покрытия на стальные двухлезвийные ножи сборных фрез обеспечивают при обработке материалов из хвойных пород дерева существенное повышение износостойкости режущего инструмента. При этом наиболее эффективным является покрытие на основе S-составляющей.

Опытно-промышленные испытания в условиях производства ОАО «Борисовский ДОК» г. Борисова подтверждают актуальность проведенных исследований, а также необходимость повышения износостойкости и, тем самым, ресурса работы дереворежущего стального инструмента.

Проведенные производственные испытания показали увеличение износостойкости резцов с покрытиями Mo–N и на основе S-составляющей в 4 и в 5 раз соответственно по сравнению с резцами без покрытия.

Сформированные покрытия изменяют характер износа режущей кромки инструмента. При резании хвойных пород дерева двухлезвийными ножами наблюдается абразивно-химический вид износа поверхности инструмента.

Библиографический список

1. Каталоги фирм: Leitz, Leuco, Guhdo, Stehle, Faba, Freud. – 2008–2009.
2. Эффективность применения TiN-, ZrN-, Ti–Zr–N- и Ti- покрытий на твердосплавных резцах при обработке ламинированных древесностружечных плит концевыми фрезами / А. А. Гришкевич [и др.] // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информатика. – 2008. – Вып. XVI. – С. 52–54.
3. Раповец, В. В. Практические результаты экспериментальных исследований резания древесины двухлезвийными резцами и фрезерно-брусующих станках / В. В. Раповец // Труды БГТУ. Сер II, Лесная и деревообаб. пром-сть. – 2008. – Вып. XVI. – С. 205–208.

4. Kazmanli, M.K. Effect of nitrogen pressure, bias voltage and substrate temperature on the phase structure of Mo-N coatings produced by cathodic arc PVD / M. K. Kazmanli, M. Urgen, A. F. Cakir // Surf. Coat. Techn. – 2003. – V. 167.– С. 77–82.

5. Раповец, В. В. Методика установления работоспособности резцов спиральных фрез фрезерно-брусующей машины / В.В. Раповец, Н. В. Бурносков, А. А. Станкевич // Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии: материалы докл. Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 16–18 ноября 2005 г.: в 2 ч. / Белорусский гос. технол. ун-т; редкол.: И.М. Жарский [и др.]. – Минск: БГТУ, 2005. – Ч.2. – С.306–309.

6. Моисеев, А. В. Контактные явления в микроболасти лезвия при резании древесины и их влияние на природу затупления инструмента: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.03.01 / А. В. Моисеев; Москов. гос. ун-т леса. – М., 1983. – С. 15–16.

Душина С.А., Морозов А.М.

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) kopa.82@mail.ru

ВИБРАЦИОННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАЗМАЛЫВАЮЩЕЙ ГАРНИТУРЫ ДИСКОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ

VIBRATION DESIGN FOR CRUSHING DISK MILL

Первой задачей при проектировании рисунка размалывающей гарнитуры является исследование спектров собственных частот и форм колебаний.

Второй задачей является выявление источников и амплитуды колебаний ножей. Колебания ножей гарнитуры возникают при перекрещивании ножей ротора и статора на гарнитурных частотах [1]. Из-за нелинейности динамической системы колебания возбуждаются на гармониках и субгармониках гарнитурных частот. Если частоты импульсов совпадают с частотами собственных колебаний ножей, возникнут резонансные колебания с повышенными амплитудами и динамическими напряжениями. Это сказывается на надежности ножей гарнитуры. При резонансных режимах работы гарнитуры возрастает вероятность поломки ножей.

Ввиду большого числа возмущающих гармоник и частот собственных колебаний ножей определение резонансных режимов производится с помощью резонансной диаграммы. Для гарнитуры 62200 фирмы «DURAMETAL» резонансная диаграмма представлена на рис. 1. По оси абсцисс диаграммы откладывается величина износа. По оси ординат откладываются собственные частоты ножей, гарнитурные частоты и их гармоники.

Сначала на диаграмму наносятся расчетные кривые низших собственных частот колебаний ножей с учетом их износа, F_{0i} . В связи с тем, что проверяются все ножи гарнитуры, кривых собственных частот ножей может быть очень большое количество. Затем, наносят гарнитурные частоты, рассчитанные для каждого ножевого пояса и их гармоники F_{gi} , $2F_{gi}$, $3F_{gi}$...

Резонансная диаграмма дает необходимую информацию, как в процессе проектирования, так и при эксплуатации гарнитуры. В процессе проектирования с помощью

резонансной диаграммы прогнозируются резонансные частоты ножей и своевременно предусматриваются мероприятия по их предотвращению. В процессе эксплуатации резонансная диаграмма способствует выявлению источника колебаний.

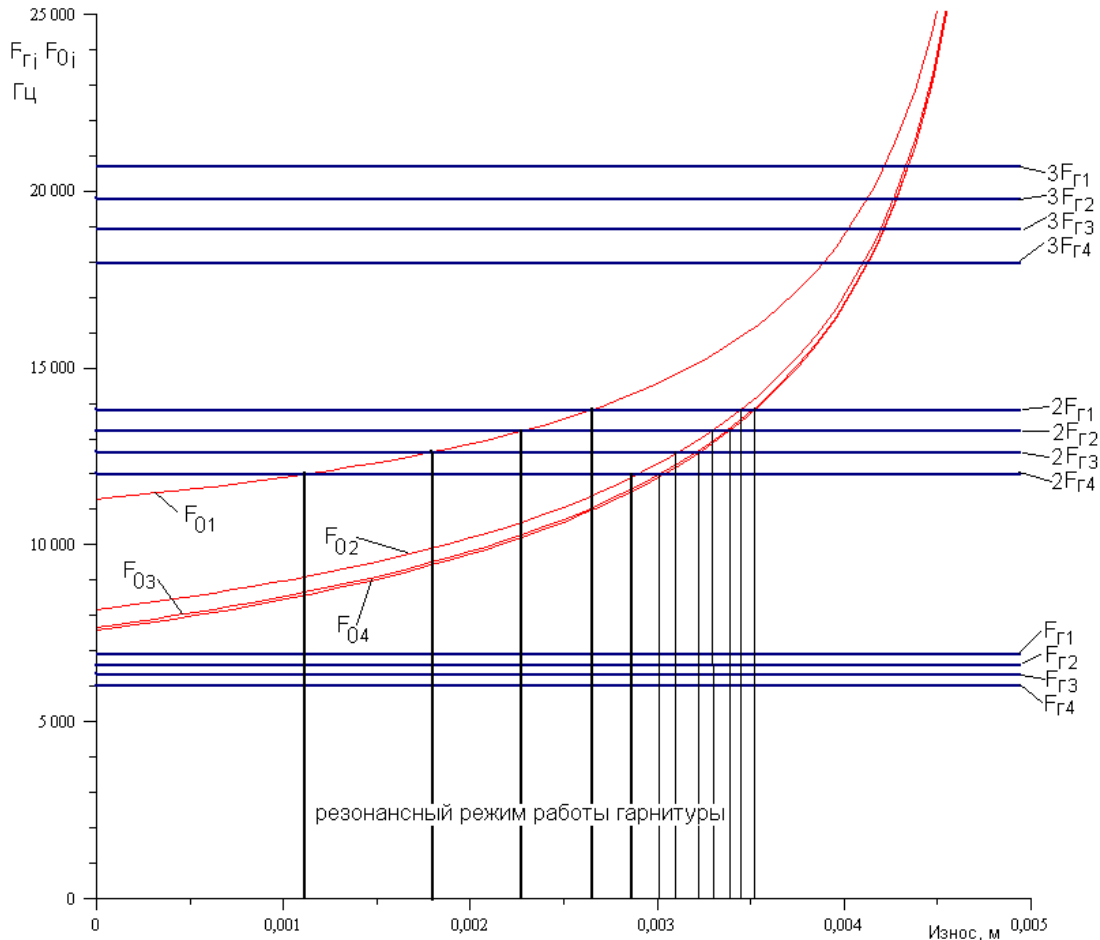


Рисунок 1 – График определения резонансных режимов работы ножей гарнитуры 62200 фирмы «DURAMETAL»

При работе ножей гарнитуры возможно совпадение вынужденных и собственных частот колебаний. Должно выполняться условие виброзащиты

$$|F_{Гi} - F_{Г0i}| \geq 0.3F_{Г0i}, \quad (1)$$

где $F_{Гi}$ – гармоники и субгармоники вынужденной гарнитурной частоты i -го ножевого пояса;

F_{0i} – собственные частоты колебаний ножей по одной из форм колебаний.

Анализируя диаграмму (рис. 1), можно сделать вывод, что износ одного из ножей более 1 мм, приводит к возникновению резонансных колебаний. Наиболее опасным становится эксплуатация гарнитуры, когда износ её ножей достигнет 3 мм.

Возможно три вида мероприятий по устранению опасных колебаний ножей гарнитуры. Во-первых, изменить гарнитурные частоты таким образом, чтобы выполнялось условие (1). Во-вторых, изменением собственных частот колебаний ножа таким образом, чтобы выполнялось условие (1).

Третий вид мероприятий – создание и применение в конструкциях гарнитуры демпфирующих устройств. Эти устройства позволяют существенно понизить колеба-

ния ножей при резонансных режимах и повысить надёжность гарнитуры. Разработана конструкция гарнитуры с демпфирующим устройством [2], которое позволит существенно снизить колебания ножей в резонансных режимах работы гарнитуры, а значит повысить ее надёжность.

Библиографический список

1. С.Н. Вихарев. Разработки методов и средств виброзащиты и вибрационной диагностики дисковых мельниц: Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – Екатеринбург, 1993. – 236 с.
2. Пат. 58125 Российская Федерация, МПК D 21 D 1/30. Гарнитура дисковых мельниц/ Вихарев С.Н., Душина С.А., Янковская Н.С.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Уральский государственный лесотехнический универ. - № 2006116905/22; заявл. 16.05.06; опубл. 10.11.06, Бюл. № 31 – 2 с.

Ивановский А.В.

(ГОУ ВПО «ВГЛТА», г. Воронеж, РФ) ivanovsky@bk.ru

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССОВ РЕЗАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ *WAYS OF ENERGY SAVING IN CUTTING WOOD*

Исследования, относящиеся к резанию древесины, выполненные многими авторами, свидетельствуют о влиянии на силу резания различных факторов, сопутствующих резанию. Характер влияния отдельных факторов на величину силы резания неодинаков: одни приводят к весьма существенному изменению величины силы резания и потому должны учитываться в соответствующих расчетах с использованием силы резания; влияние других сказывается незначительно, и в ряде случаев ими можно пренебречь [1].

Рассмотрим характер и степень влияния некоторых факторов на силу резания и другие энергетические показатели. Влияние породы древесины на силу резания проявляется через различие физико-механических свойств древесины различных пород. Свойства древесинных пород варьируют в пределах до 70%. Ведущие исследователи в области древесиноведения и деревообработки постоянно уточняют важнейшие физико-механические свойства древесины [1,2,3]. Величина поправочного множителя на породу древесины установлена исследователями ГОУ ВПО «ВГЛТА» [4]. Установлено, что меньшая механическая прочность древесины мягких лиственных пород приводит к увеличению коэффициента обрабатываемости $K_{об}$, хотя у твердых пород сложнее разрушить связь между стружкой и образцом, а также, деформировать древесину в стружки (в стружечных способах резания). Коэффициент обрабатываемости предложен Г.А. Зотовым. Им же установлено, что по мере убывания величины коэффициента обрабатываемости увеличивается плотность древесины. Коэффициент обрабатываемости $K_{об}$ определялся по следующей формуле:

$$K_{об} = (F_{эм} / F) \cdot (T / T_{эм}) \quad (1)$$

где F , $F_{эм}$ - касательные силы, Н; T , $T_{эм}$ – периоды стойкости инструмента при резании оцениваемой и эталонной древесины, ч.

За эталонную древесину принималась древесина сосны влажностью 8-12%. Так, для дуба коэффициент обрабатываемости $K_{об}$ составил 0,58, а для осины 1,19. Помимо показателей механических свойств, на сопротивление древесины резанию оказывают влияние также особенности строения древесины разных пород. Учесть все факторы сложно. К тому же в этом нет необходимости. Если известна сила резания при определенных условиях для одной определенной породы (в качестве которой по ГОСТ принимается сосна), то значения силы резания для других пород при строго повторяющихся условиях резания определяются как кратные величины к данной при коэффициентах кратности, находимых опытным путем. При единичном значении силы резания, принимаемом для сосны, относительные величины силы резания для других пород лежат в пределах от 0,6 (для липы) до 1,6—1,7 (для дуба).

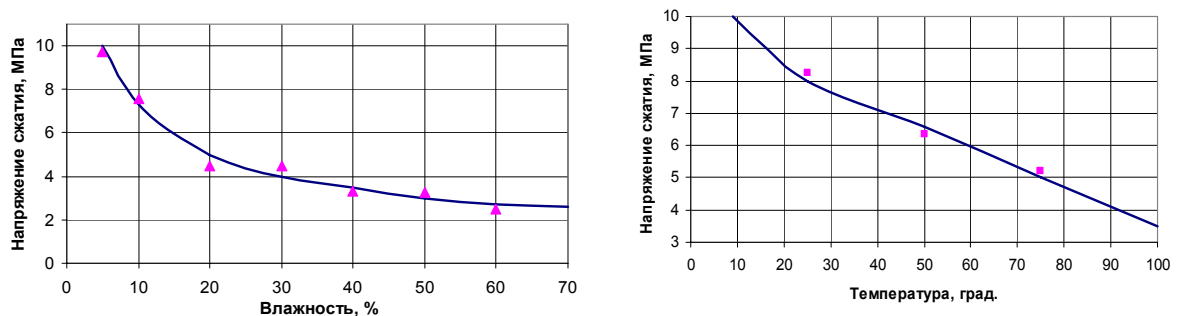


Рисунок 1 – Влияние влажности и температуры на прочность древесины осины

Влияние влажности на энергетические показатели неоднозначно (рис.1). С увеличением влажности древесины пределы прочности ее при всех видах разрушения снижаются, что приводит в свою очередь к уменьшению силы резания. Силу резания для древесины $W=10...15\%$ условно принимают за 1. Для очень сухой древесины ($W=5...8\%$) сила резания возрастает, для свежесрубленной ($W=50...70\%$), наоборот, уменьшается приблизительно на 10...20%. С увеличением влажности древесины более 30% свободная влага действует как «смазка», уменьшая коэффициент трения между инструментом и древесиной [4]. С увеличением температуры деформирования прочность древесины любых пород однозначно падает до порога деструкции, лежащего в пределах 180...200°C. В ГОУ ВПО «ВГЛТА» получена оптимальная температура деформирования - 156°C для древесины мягких лиственных пород.

Зависимость силы резания от угла резания довольно сложна. Изменение угла резания в практически выработанных диапазонах углов (продольное резание 50...60°, поперечное резание 15...30°, торцовое — около 70°) не вызывает значительного изменения силы резания. Последующее же увеличение угла резания с целью получения сливной стружки (преимущественно в условиях продольного резания) приводит к росту силы резания. Однако действительный характер возрастания силы резания может быть выявлен только в конкретных условиях резания экспериментально.

Следует отметить, что изменение угла резания нельзя рассматривать оторвано от угла заострения и заднего угла. Все они взаимосвязаны. Известно, что для обеспечения достаточной прочности резца угол заострения не должен быть меньше некоторой величины (для каждого вида резания принимается свое оптимальное значе-

ние угла). К тому же уменьшение угла заострения может привести к ускоренному износу резца. Уменьшение заднего угла, особенно меньше 5° , приводит к возрастанию площади контакта задней грани с древесиной, росту сил трения по задней грани и, в конечном счете, - к увеличению силы резания [3,4].

Огромное влияние на энергетические показатели процесса резания древесины оказывают другие конструктивно-технологические параметры инструментов [4]. Так, для режущих дисков, на рис. 2 представлена зависимость одной из составляющих силы резания от угловых поднутрений диска (радиального и тангенциального) для мягколиственной древесины. Выявлен угол поднутрения, обеспечивающий наилучшее качество разделяемых поверхностей для мягколиственной древесины – не менее 40 минут. В качестве критерия оптимизации принимались величины боковой силы зажима F_ϕ . Производственный вариант модели оптимизации в неявной форме принимает вид:

$$F_\phi = (\psi, \varphi, \int) \rightarrow \min \quad (2)$$

где $1' < \varphi < 60'$; $1' < \psi < 60'$; $300 < \int < 500$ - углы радиального и тангенциального поднутрения, минут; 300, 500 – плотность древесины, кг/м^3 .

Приведенные ограничения указывают на практически используемый диапазон изменения входных параметров. Взаимосвязь отмеченных параметров в указанных пределах была установлена статистическим путем, экспериментально, в виде следующего уравнения регрессии:

$$F_\phi = \frac{454 \cdot \int^{0.26}}{\varphi^{0.16} \cdot \psi^{0.513}} \quad (3)$$

Повышенные значения углов поднутрения приводят к положительному снижению абсолютного значения целевой функции F_ϕ , но это может снизить устойчивость и жесткость инструмента. Излишне высокое значение F_ϕ вызывает на лезвиях инструмента действие теплоисточников повышенной интенсивности, что в конечном итоге приводит к неравномерному нагреву, повышенному тепловому износу и затуплению режущих кромок.

Практический диапазон использования скоростей резания составляет от 45 до 100 м/с, хотя некоторые процессы резания реализуются при относительно малых, не превышающих нескольких метров в секунду, скоростях резания (продольное строгание, получение строганого шпона и т. п.). Условия резания при малых скоростях резания изучены сравнительно хорошо. Установлено, что скорость резания в указанных пределах не влияет или оказывает незначительное влияние [4] на силу резания.

Затупление резца, выражающееся в наиболее общем случае в увеличении радиуса закругления режущей кромки, достигшее определенной величины, приводит к нарушению нормальных условий его работы. Затупленный резец рвет и выдирает волокна древесины. Поверхность резания становится неровной, шероховатой, а сила резания значительно возрастает. Затупление резца по-разному отражается на величине силы резания при различных толщинах стружки. При срезании тонких стружек она существенно зависит от степени затупления резца. При срезании толстых стружек влияние затупления на силу резания не столь велико. Таким образом, с ростом толщины стружки затупление резца слабее сказывается на силе резания [3,5].

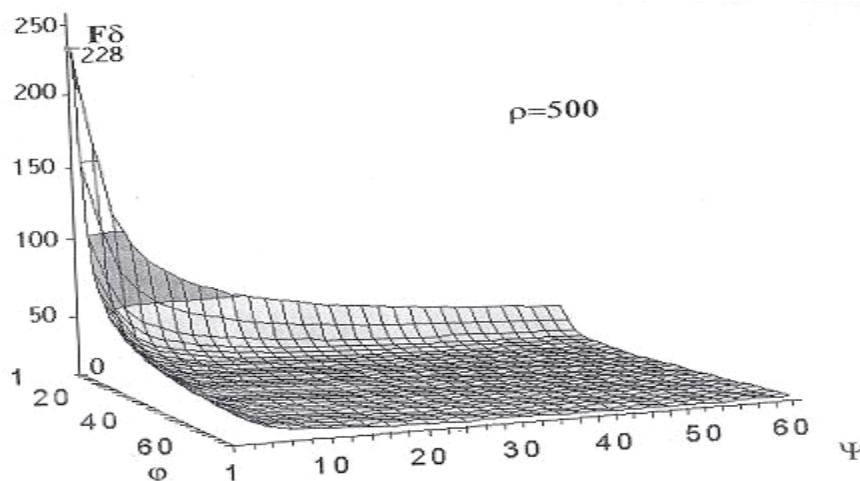


Рисунок 2 – Зависимость усилия зажима Fb от угловых поднутрений диска для древесины плотностью 500 кг/м^3

Итак, влияние влажности на силу резания незначительно (не превышает $\pm 10...15\%$); угол резания влияет на величину силы резания, но в условиях реального использования его в режущих инструментах приводит к изменению величины силы резания в пределах до $30...50\%$; изменение заднего угла, начиная с 5° и более, не оказывает сколько-нибудь существенного влияния на силу резания; применение значительного обжима материала в зоне резания используется в основном в специальных видах резания (лущение и т. п.); влияние трения резца и стружки наиболее существенно проявляется только в сложных видах резания (например, пиление и некоторые другие). Наиболее ощутимое влияние на силу резания оказывает изменение: а) толщины стружки (до $4...7$ раз); б) вида резания (до 4 раз); в) степени затупления резца (до $1,5...2$ и более раз) [4,5].

Исходя из вышеизложенного, основными направлениями по снижению энергоёмкости процессов резания древесины следует считать разработку: инструментов повышенной стойкости, с элементами самозаточки, адаптированных к резанию древесины определенной плотности; интенсивных режимов резания древесины; перспективных нетрадиционных и практически безотходных процессов резания древесины (разрезание и штампование). Для механической обработки труднообрабатываемой мягколиственной древесины требуется создание особых энергоэффективных инструментов, обеспечивающих наилучшее качество обработанной поверхности при наивысшей производительности.

Библиографический список

1. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения [Текст] / Б.Н. Уголев. - М. : МГУЛ, 2001. - 340 с.
2. Амалицкий, В.В. Оборудование отрасли: учебник [Текст] / В.В. Амалицкий, В.В. Амалицкий. – М. : МГУЛ, 2006.-584 с.
3. Свиридов, Л.Т. Резание древесины различной прочности [Текст] / Л.Т.Свиридов, В.П.Ивановский. – Воронеж : ВГУ, 2005.-200с.

4. Ивановский, А.В. Уточнение инженерных расчетов процессов деления мягколиственной древесины [Текст] / А.В. Ивановский, В.П. Ивановский // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – Новочеркасск. – 2009.-№2. – с. 68-70.

5. Ивановский, В.П. Разрезание и штампование древесины [Текст] / В.П. Ивановский, А.В. Ивановский // Дизайн и производство мебели. – Спб. – 2009. - №1-2. – с. 68-72.

**Кузнецов А.И., Шимон Е.В., Пьянкова Е.С., Ушакова В.А.,
Ушакова Н.А., Новоселова М.В.**

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) akwer@yandex.ru

К ВОПРОСУ О РЕЖИМАХ ЛАЗЕРНОГО РЕЗАНИЯ ШПОНА ЦЕННЫХ ПОРОД ДРЕВЕСИНЫ *LASER CUTTING OF VALUABLE TIMBER SPECIES VENEER*

В настоящее время нет теоретически обоснованных данных, позволяющих оценить зависимости параметров лазерного излучения для различных материалов, в частности шпона. Область применения шпона в отделке и изготовлении декоративно-художественных изделий достаточно широка, достоинства лазерной обработки позволят улучшить качество и облегчить изготовление изделий из шпона.

Целью работы является выбор параметров резания шпона, толщиной 0,5-0,9 мм, различных пород древесины на лазерно-гравировальном станке VL-4060.

В ходе проведения опыта было выполнено 500 измерений. Образцы шпона десяти пород (падук андаманский, бук, fineline, береза, красное дерево, сосна, ясень, осина) размером 100×10 мм, сложенные в пакеты высотой 6 мм подвергались лазерному резанию с различными скоростями и мощностями, при этом положение фокальной плоскости не изменялось и находилось на верхней поверхности пакетов.

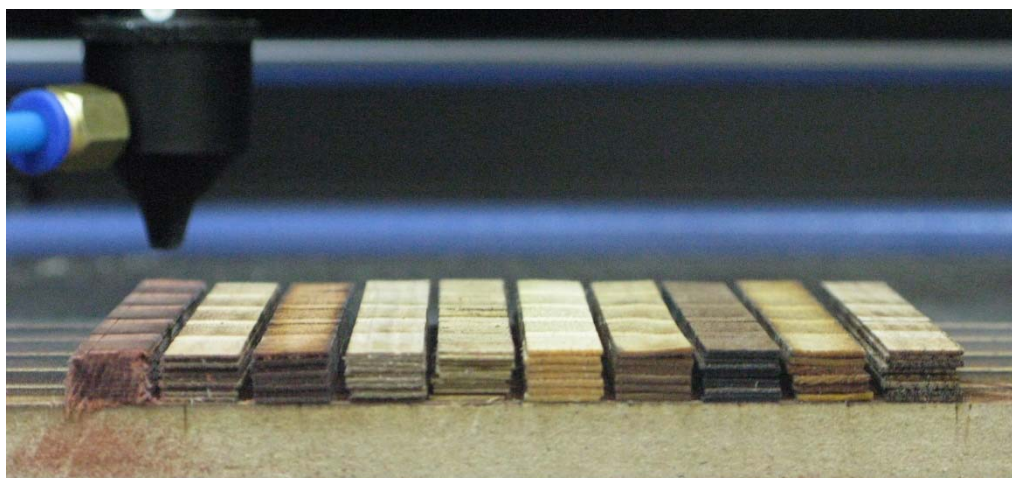


Рисунок 1 – Пакеты шпона высотой 6 мм

Было сделано 50 испытаний с различными скоростно-мощностными режимами, при этом скорость изменялась в интервале 10-100 мм/с с шагом в 10 мм/с, а мощность излучения в пределах 13-65 Вт с шагом 13 Вт.

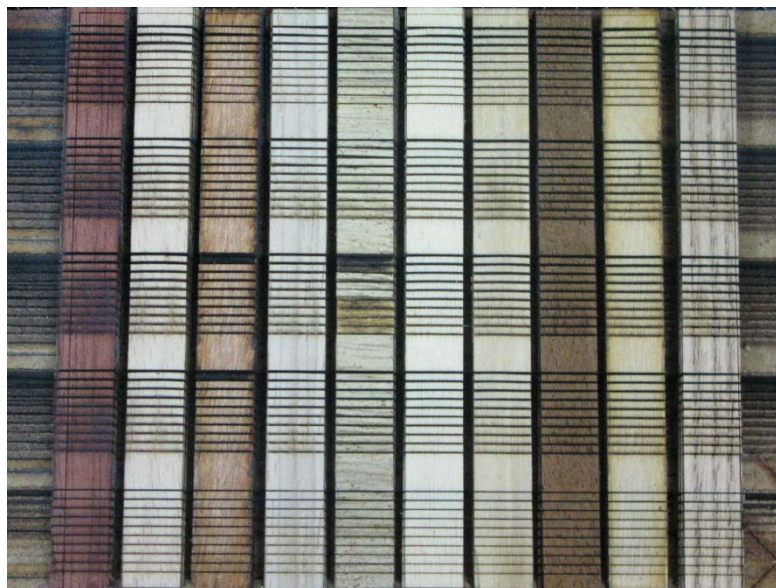


Рисунок 2 – Образцы после испытаний

После проведения опытов были выполнены измерения глубины реза и данные занесены в таблицы по породам, графическое представление данных приведено на рисунке 3.

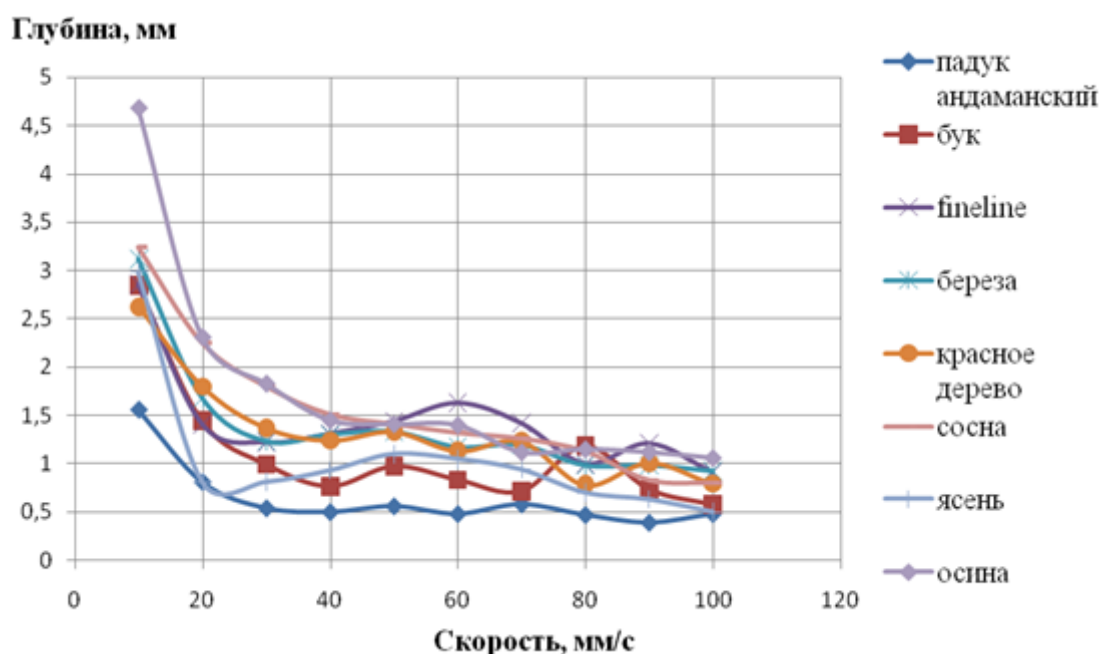


Рисунок 3 – Зависимость глубины реза шпона от скорости резания при мощности лазерного излучения 65 Вт

Получив зависимость глубины реза от скорости резания, можно сделать выводы об оптимальных скоростно-мощностных режимах резания. Все выбранные породы устойчиво режутся при мощности 100% (65 Вт) в интервале скоростей 30-100 мм/с. Глубина реза находится в обратно пропорциональной зависимости от скорости резания - на малых скоростях (10-30 мм/с) наибольшая глубина реза (0,6-5 мм). Это объясняется тем, что на малых скоростях воздух, подающийся компрессором на лазерную головку, более интенсивно участвует в процессе испарения (горения) и способствует процессу резания.

Библиографический список

1. Черных М.М., Яппарова Э.Ф. Эстетические свойства изображений на древесине при лазерной обработке. // Дизайн. Материалы. Технология. – Спб.: 2010, №1(12).
2. Найденов А. Лазер и дерево: back to nature. // Рекламные технологии. – 2007, №7.
3. Интарсия – деревянная мозаика. Анатолий Обелец. [Электронный ресурс].- Загл. с экрана. Доступ свободный http://www.rezbaderevo.ru/topic.php?topic_id=538".

Кузнецов А.И., Сабитов Р.З.

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) akwer@yandex.ru

ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ РЕЗАНИЯ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ С ПРЯМЫМ ПРИВОДОМ

CYLINDRICAL CUTTING MECHANISM OF DIRECT DRIVING MOLDER

Традиционно механизм резания фрезерных станков состоит из электродвигателя, муфты или клиноременной передачи и шпинделя на котором закреплен инструмент. Частота вращения фрезерного вала находится в диапазоне от 3000 до 18000 мин⁻¹. Все детали требуют тщательной балансировки. Такая компоновочная схема, где двигатель соединен с исполнительным органом является габаритной и имеет большой вес.

Предложено вместо традиционной многоэлементной конструкции фрезерного цилиндрического механизма резания использовать конструкцию модульного типа, содержащую в одном конструктивном элементе электродвигатель, с непосредственной электромагнитной передачей движения на исполнительный орган – ножевую головку.

Целью настоящей работы - разработка конструкции цилиндрического механизма резания деревообрабатывающих станков фрезерного типа.

Авторы предлагают следующую конструкцию электрорубанка показанную на рисунке 1. Устройство состоит из элементов: 1 – внешний ротор; 2 – статор; 3 – рукоятка рубанка; 4 – блок управления; 5 – регулировка глубины резания; 6 – редкоземельные магниты; 7 – нож; 8 – корпус.

Устройство состоит из статора, относительно которого происходит вращение внешнего ротора с установленными ножами. Ножевая головка выполнена пустотелой, на внутреннюю часть которой установлены постоянные магниты, воспринимающие крутящий момент непосредственно от статора. Это позволяет не применять дополни-

тельные механические передачи, передающие вращение. Частота вращения ротора имеет возможность плавной бесступенчатой регулировки.

Устройство работает следующим образом: преобразователь частоты, встроенный в блок управления 4, вырабатывает необходимый ток, который передается на статорную обмотку по токоведущим проводникам. В статоре 2 возникает магнитное поле, под воздействием которого начинают перемещаться магниты 6, вращая ножевую головку, с закрепленными в ней ножами 7. Рубанок надвигается на заготовку – происходит процесс фрезерования.

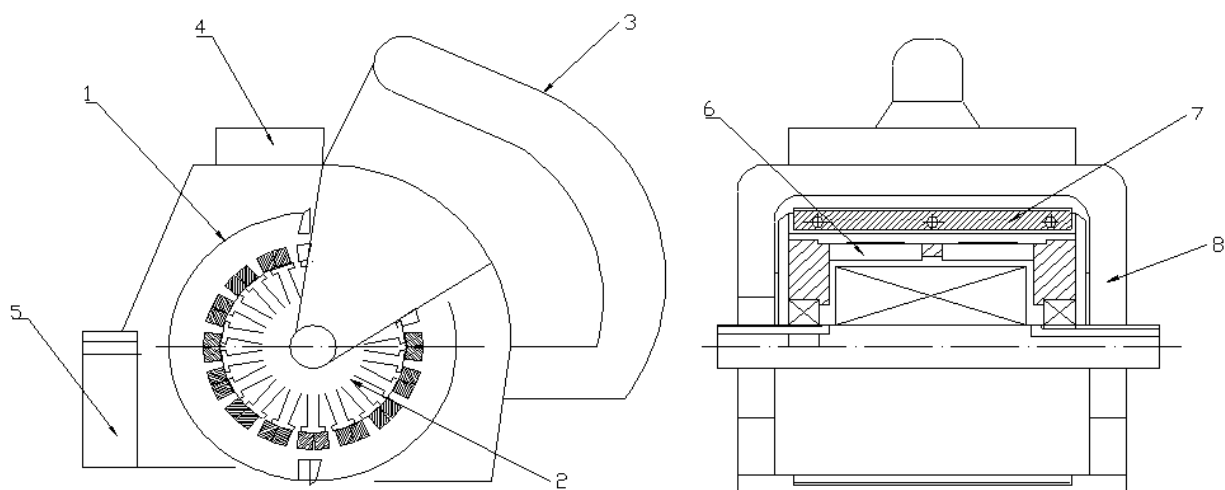


Рисунок 1 – Устройство цилиндрического механизма резания



Рисунок 2 – Опытный образец цилиндрического механизма резания

Для управления электродвигателем используется специализированный частотный преобразователь, позволяющий плавно регулировать скорость вращения и эксплуатировать ножевую головку в режимах, отстроенных от резонансных по частоте. Частотный преобразователь позволяет получать высокие частоты вращения без использования мультипликатора и/или дополнительных передач.

Кафедрой станков и инструментов разработана конструкция механизма резания электрорубанка с прямым приводом. В настоящее время работа находится в стадии испытания опытного образца приведенного на рисунке 2. Результаты работы могут быть использованы при проектировании четырехсторонних продольно-фрезерных, рейсмусовых, фуговальных станков.

Выполнение данной работы позволит сделать первый шаг на пути внедрения новых эффективных технологий с применением прямого привода в отечественную деревообработку. Наличие математических моделей и результатов сквозного анализа, а также, создание опытного образца наглядно покажет высокую эффективность технологий и позволит привлечь дополнительные средства для промышленного освоения цилиндрического механизма резания фрезерных станков с прямым приводом.

Библиографический список

1. ООО СП "Рухсервомотор" и ЗАО "Сервотехника". Прямой привод.// Заглавие с экрана. Режим доступа свободный. URL: <http://www.directdrive.ru/> (Дата обращения 1.10.2009)
2. Рубанок с электродвигателем – ножевой головкой // Деревообработка: оборудование, менеджмент XXI века. Труды IV международного евразийского симпозиума. / Под научной ред. В.Г. Новоселова – Екатеринбург, 2009. С. 303, - 389 с.

Новоселов В.Г., Абдулов А.Р. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)
nauka-les@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ТВЕРДОСТИ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫХ НОЖЕЙ

STUDYING HARDNESS OF PERISHABLE CUTTING EDGES

Одним из основных показателей надежности технологической системы по ГОСТ 27.202-83 [1] является качество изготавливаемой продукции, определяемое точностью обработки и шероховатостью образуемых поверхностей.

Изнашивание инструмента и затупление лезвия влечет снижение качества изготавливаемой продукции и увеличение энергопотребления станком. Замена изношенного инструмента приводит к сбою настройки станка, это ухудшает качество продукции по параметру «точность» и требует дополнительных трудозатрат на поднастройку станка. Стойкость инструмента определяется твердостью материала режущей части лезвия.

Для решения данной проблемы на многих предприятиях Урала в качестве лезвий для инструмента используют быстрорежущую сталь или не перетачиваемые быст-

росменные пластины, что позволяет повысить период стойкости инструмента и избавиться от дополнительных перенастроек станка и затрат на обслуживание инструмента.

Для исследования твердости была взята пластина марки Leitz (рис. 1).



Рисунок 1 – Двухсторонний не перетачиваемый нож Leitz

Для изучения структуры ножа был проведен микроструктурный анализ [2] в следующей последовательности: подготовка исследуемого образца, приготовление шлифа, травление шлифа, изучение структуры материала с помощью микроскопа.

В процессе приготовления шлифа от имеющегося образца был отрезан кусок размером 15 мм и помещен в предварительно подготовленную металлическую оправку с эпоксидной смолой (рис. 2). После отверждения смолы образец был жестко зафиксирован в оправке, а изучаемая поверхность была перпендикулярна к оси кольца.

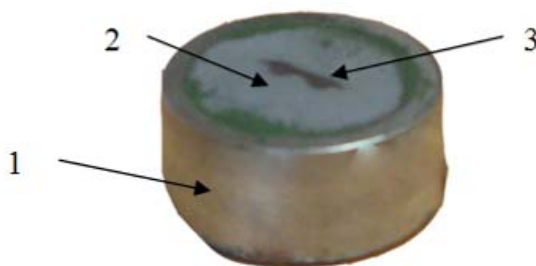


Рисунок 2 – Образец для изучения микроструктурного анализа:

1- металлическая оправка; 2 - эпоксидная смола; 3 – изучаемый образец

В процессе подготовки, поверхность исследуемого образца проходит несколько стадий последовательной обработки: грубое механическое шлифование на наждачных кругах, тонкое ручное шлифование на наждачной бумаге и окончательное механическое полирование на кругах. При замене бумаги на бумагу другого номера, образец следует повернуть на 90°, чтобы риски при шлифовании на более мелкой бумаге были направлены перпендикулярно ранее образованным рискам при шлифовании на более крупной бумаге.

Шлиф для микроструктурного анализа считается подготовленным качественно, если его поверхность имеет зеркальный вид без единой, даже незначительной, риски или царапины.

Травление образца производилось 5% раствором азотной кислоты (HNO_3) в спирте. Изучение структуры металла проводили с помощью металлографического микроскоп МЕТАМ ЛВ-44 (рис. 3).



Рисунок 3 – Металлографический микроскоп МЕТАМ ЛВ-44

На снимке участка шлифа (рис. 4) видна четкая граница лезвия и подложки.

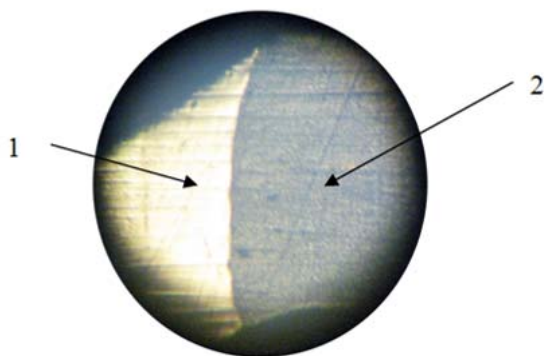


Рисунок 4 – Структура металла образца: 1 – лезвие; 2 – подложка

Измерения твердости участков образца по Виккерсу были проведены с помощью микротвердомера ПМТ – 3 (рис. 5).



Рисунок 5 – Микротвердомер ПМТ-3

Микротвердомер ПМТ-3М предназначен для измерения микротвердости материалов, сплавов, стекла, керамики и минералов методом вдавливания в испытуемый материал алмазного наконечника Виккерса с квадратным основанием четырехгранной пирамиды, обеспечивающей геометрическое и механическое подобие отпечатков по мере углубления индентора под действием нагрузки.

Измерение диагоналей отпечатков производят с помощью фотоэлектрического окулярного микрометра ФОМ-1-16 с автоматической обработкой результатов измерения.

В результате получили, что микротвердость лезвия составила $HV_{50}=985$, а основы $HV_{50}=335$.

Проанализировав маркировку ножа и различные стали отечественного производства пришли к выводу, что это сталь марки HS 6-5-2C (DIN 17350) – быстрорежущая сталь, её аналогом является отечественная сталь марки Р6М5. Сравнительная характеристика твердости и режимов термообработки сталей приведена в таблице 1.

Таблица 1– Твердость и режимы термообработки сталей HS 6-5-2C и Р6М5

		ГОСТ 19265	DIN 17350
Твердость после отжига		не более 255НВ	не более 269 НВ
Твердость после закалки		63 HRC	64 HRC
Температура	закалки	1220°C	1210°C
	отпуска	550°C	560°C

На основании проведенных исследований сделали вывод, что данный нож выполнен с использованием быстрорежущей стали марки HS 6-5-2C, лезвие ножа подвергли термической обработке. Это в свою очередь позволило повысить твердость реза и сохранить пластичность основы. Пластичная основа, и отсутствие сварных швов позволяет выдерживать таким ножам большие нагрузки без разлома соединения, и исключить дорогостоящий ремонт.

Таким образом, использование данной технологии в производстве отечественного инструмента, с применением быстрорежущей стали Р6М5, поможет снизить затраты на сырье, а следовательно снизить стоимость быстросменного не перетачиваемого инструмента. Что в итоге приведет к повышению качества производимой продукции и снижению её стоимости.

Библиографический список

1. 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.
2. ГОСТ 9.302-88. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля [Текст]. М.: Изд-во стандартов, 1988. 37 с.

Раповец В. В. (БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь) slavyan_r@tut.by

АГРЕГАТНАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ ДВУХЛЕЗВИЙНЫМИ НОЖАМИ С ПОЛУЧЕНИЕМ БРУСА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ *DOUBLE EDGES CUTTING WOOD WITH SQUARE LOGS AND TECHNOLOGICAL CHIPS PRODUCTION*

Комплексная переработка древесины на пилопродукцию и технологическую щепу позволяет совмещать во времени несколько технологических операций, обеспечивать безотходную технологию переработки древесины, высокую производительность, механизацию и автоматизацию процесса, контролируемого числовым программным управлением (ЧПУ).

В состав лесопильных линий входят фрезерно-брусующие станки (ФБС), оснащенные дорогостоящим режущим инструментом – сборными фрезами со спиральным расположением цельных двухлезвийных ножей, в основном зарубежного производства. Данное оборудование получило наибольшее распространение на лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях Республики Беларусь.

Двухлезвийные ножи, жестко закрепленные в корпусах резцедержателей сборных фрез, не позволяют изменять режимы обработки в зависимости от обрабатываемых пород древесины, имеющих различные физико-механические характеристики (влажность, плотность, твердость, теплопроводность и др.), условий и местности произрастания и пр., даже в пределах одной группы.

Изменение геометрии двухлезвийных ножей позволяет устанавливать режимы обработки для получения качественной продукции: пиломатериалов и технологической щепы. Качество продукции комплексной обработки древесины необходимо контролировать, чтобы установить производственные режимы обработки, позволяющие снизить сырьевые, энергетические затраты, затраты на обслуживание режущего инструмента и ремонт оборудования. Поэтому актуальной проблемой комплексной обработки древесины на фрезерно-брусующих станках, эксплуатируемых в Республике Беларусь, является разработка сборных конструкций двухлезвийных ножей с геометрическими параметрами, обеспечивающих качество получаемой продукции и снижение энергетических затрат.

Изучению процессов при фрезеровании древесины, эффективности использования оборудования, геометрии режущих инструментов посвящены исследования отечественных и зарубежных ученых (А. Л. Бершадский, N. Hartler, R. Papworth, Л. З. Лурье, Н. Vausch, J. Stone, С. А. Воскресенский, В. В. Амалицкий, Е. М. Боровиков, А. Э. Грубе, В. И. Санев и др.). От геометрии ножей фрез, режимов обработки древесины различных пород зависят качество получаемых пилопродукции и технологической щепы, энергетические затраты, эксплуатационные расходы на режущий инструмент. Факторы, влияющие на результат резания в наибольшей степени, определяются геометрией двухлезвийных ножей фрез фрезерно-брусующих станков: углы резания при длинном и коротком лезвиях ножа, углы перерезания волокон, угол движения.

Сборные фрезы фрезерно-брусующих станков со спиральным расположением цельных двухлезвийных ножей предназначены для переработки бревен на пилопродук-

цию и конструктивно обеспечивают получение заданных размерных параметров технологической щепы (рис. 1).

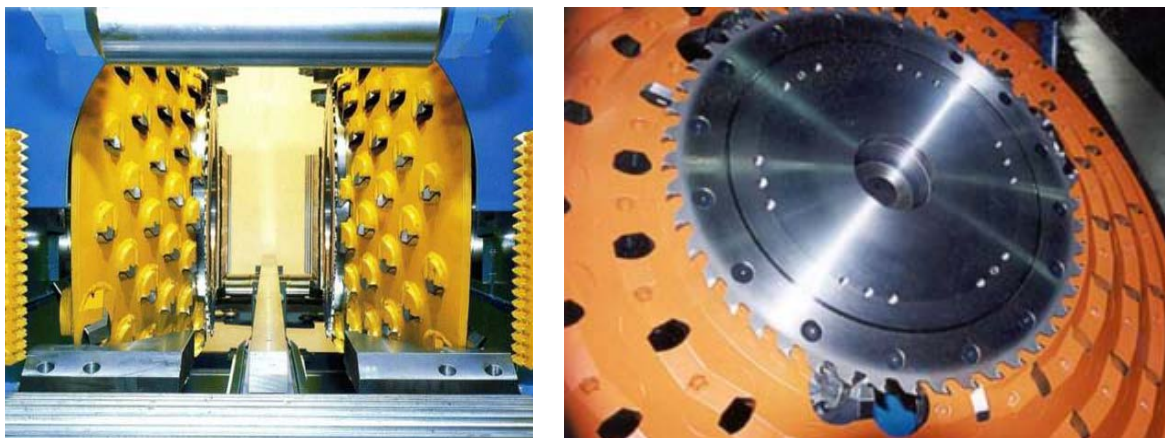


Рисунок 1 – Торцово-конические фрезы фрезерно-брусующих станков

Вид резания древесины (торцевой, поперечный, продольный, их переходные комбинации) влияет на силы резания, в том числе и касательную, определяющую мощность на резание, и качественные показатели продукции (шероховатость, риски, сколы, вырывы на поверхности пласти пиломатериала, геометрические параметры и торцевой угол среза технологической щепы) и фиксирован для условий работы лезвий ножа [1].

Конструкции сборных фрез со спиральным расположением цельных двухлезвийных ножей, которыми оснащено оборудование фирм SAB, EWD (Германия), Soderhamn-Eriksson, Ari Vislanda (Швеция), A. Costa rigli (Италия-Германия), Storti, Artiglio (Италия), Heinola, Veisto Group (Финляндия) и др., не позволяют изменять режимы резания, варьируя угловыми параметрами ножей и оказывают влияние на энергозатраты и качество продукции. Цельные ножи изнашиваются по-разному. Для комплексной обработки промышленных пород древесины с разными физико-механическими характеристиками необходимы и различные угловые параметры лезвий ножей.

Предложено использовать не цельные двухлезвийные ножи, а сборные конструкции, состоящие из двух отдельных лезвий (рис. 2). Это позволяет изменять геометрию лезвий ножей, смещать их независимо друг от друга, определять рациональные параметры для обрабатываемой породы древесины, обеспечить высокое качество продукции, снизить энергетические затраты, повысив стойкость режущего инструмента.

Снижение сил резания при обработке древесины на фрезерно-брусующих станках двухлезвийными ножами возможно за счет изменения геометрии ножей: углов резания при коротком и длинном лезвиях ножа, угла перерезания волокон, углов заострения лезвий ножа, заднего угла, а также смещения лезвий ножа.

Сравнительные расчеты значений сил резания по методикам А. Л. Бершадского, П. С. Афанасьева, Ф. И. Коперина, Н. М. Вальщикова, Н. И. Тимофеева показали разброс в интервале значений от 500 Н до 1649,4 Н при равных условиях: древесина сосны влажностью 35%, скорость резания 13 м/с, толщина технологической щепы 5 мм, длина щепы 25 мм, угол перерезания волокон 45°, угол заострения режущих кромок 40°, угол резания 43°, радиус затупления режущих кромок 8 мкм).

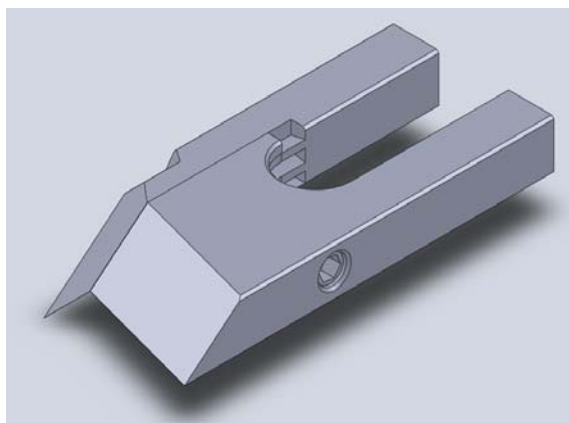


Рисунок 2 – Сборный двухлезвийный нож фрезерно-брусующего станка

Данные эмпирические методики разрабатывались для определенных условий проведения экспериментов и предполагают последовательное поэтапное исследование факторов, влияющих на процесс обработки древесины фрезами со спиральным расположением двухлезвийных ножей. Установлено, что в приведенных методиках не учитывается динамика процесса резания, в частности трансформация углов резания при режущих лезвиях, а также появляющийся на коротком лезвии ножа при его движении динамический задний угол.

Разработана комплексная методика, которая позволила установить взаимосвязь показателей качества продукции и силовых характеристик процесса комплексной обработки древесины на фрезерно-брусующих станках [2], с учетом его достаточной сложности и специфических особенностей, а использование современной контрольно-измерительной аппаратуры – обеспечить достоверность и высокую точность результатов.

Переменными исследуемыми факторами являются: угол скоса ξ_d при длинном лезвии ножа, угол скоса ξ_k при коротком лезвии ножа, смещение лезвий ножа Δl . Выходными параметрами являлись составляющие силы резания F_x , F_y , F_z , фиксируемые разработанной измерительной системой, качество поверхности пласти бруса (шероховатость) и технологической щепы (размерно-качественные характеристики). Использован план B_3 математического планирования экспериментов, который позволяет получить функции отклика в виде уравнений регрессии второго порядка.

Составляющая суммарной силы резания F_y определяет энергетические показатели процесса резания древесины и ее значения необходимы для расчета мощности привода механизма резания; F_x , F_z воспринимаются узлами крепления двухлезвийных ножей и рекомендуются к использованию для практических расчетов на жесткость и прочность крепежных элементов [3].

В соответствии с комплексной методикой проведения экспериментальных работ и методической сеткой опытов изготовлены из легированной термообработанной стали марки 65Г экспериментальные образцы сборных двухлезвийных ножей с различными угловыми параметрами [4]. Конструкции ножей предусматривают возможность крепления на колонке-резцедержателе с независимой установкой требуемых угловых параметров и линейного смещения лезвий на колонке-резцедержателе. Проведены экспериментальные исследования.

Постоянными факторами приняты следующие: исследуемый материал – древесина сосны, ели; скорость резания $V = 13$ м/с; направление резания – поперечное, поперечно-торцовое; толщина снимаемого слоя 5 мм; диаметр резания 470 мм; подача на нож $U_z = 25$ мм; задний угол на лезвиях ножа $\alpha = 3^\circ$; угол заострения длинного и короткого режущих лезвий 40° ; начальный радиус закругления лезвий ножа 6–8 мкм.

Оценка показателей качества технологической щепы проводилась поверенными измерительными приборами: контроль линейных параметров – штангенциркулем с ценой деления 0,01 мм; показатели качества торцевого среза щепы – лупой с 20-кратным увеличением и электронным микроскопом JEOL JSM-5610; шероховатость обработанной поверхности пласти бруса – индикаторным глубиномером, оптическим прибором ТСП-4, микроскопом МИС-11 использованием стандартных методик проведения измерений. Кроме того, проводилась фоторегистрация показателей качества продукции цифровым фотоаппаратом Canon A710 IS с разрешением 3072×2304 dpi (точек на квадратный дюйм). Выполнено более 5,5 тыс. снимков с различных ракурсов для объективной оценки полученных результатов.

Результаты выполненных исследований позволили разработать математические модели (1) и (2), описывающие указанное влияние геометрии лезвий ножа на касательную силу резания.

Для древесины сосны функция отклика F_Y в явном виде выглядит следующим образом:

$$F_Y = 632,78 - 1,51\xi_d + 1,89\xi_k + 2,80\Delta l - 0,03\xi_d\xi_k + 0,03\xi_d\Delta l + 0,45\xi_k\Delta l + 0,19\xi_k^2 + 3,76\Delta l^2, \quad (1)$$

где ξ_d – угол скоса при длинном лезвии ножа, град; ξ_k – угол скоса при коротком лезвии ножа, град; Δl – смещение лезвий ножа, мм.

Для древесины ели функция отклика F_Y в явном виде

$$F_Y = 669,64 - 2,20\xi_d - 7,86\Delta l + 0,08\xi_d\xi_k - 0,36\xi_d\Delta l + 0,66\xi_k\Delta l + 0,02\xi_d^2 + 0,20\xi_k^2 + 3,72\Delta l^2. \quad (2)$$

Для анализа полученных моделей и установления степени влияния каждого независимого фактора на касательную силу F_Y , определяющую энергетические затраты и необходимую для расчета мощности привода механизма резания, целесообразно использовать поверхности отклика.

Для древесины сосны (рис. 3, а): при угле скоса длинного лезвия ножа $+30^\circ$, угле скоса короткого лезвия ножа -2° и смещении лезвий ножа на величину $-0,3$ мм минимальное значение функции отклика касательной силы резания F_Y равно 585,9 Н; при угле скоса длинного лезвия ножа -30° , угле скоса короткого лезвия ножа $+20^\circ$, смещении лезвий ножа на $+5$ мм максимальное значение функции отклика касательной силы резания F_Y равно 960 Н.

С увеличением угла скоса длинного лезвия ножа от -30° до $+30^\circ$ происходит уменьшение касательной силы резания на всех трех уровнях варьирования смещения лезвий ножа. Это связано с уменьшением угла резания при длинном лезвии ножа и увеличением плавности входа его в древесину. С увеличением угла скоса короткого лезвия ножа от -20° до $+20^\circ$ увеличивается касательная сила резания. Такой характер поведения данной функции отклика заметнее проявляется при переходах от основного уровня варьирования (0) фактора X_3 к верхнему уровню (+1), возрастание касательной силы резания более интенсивное. Причиной служит увеличение суммарной длины резания коротким лезвием ножа, работающего в условиях поперечно-торцевого вида резания.

Аналогично проведен анализ построенных функций отклика при варьировании переменными факторами X_1 и X_2 .

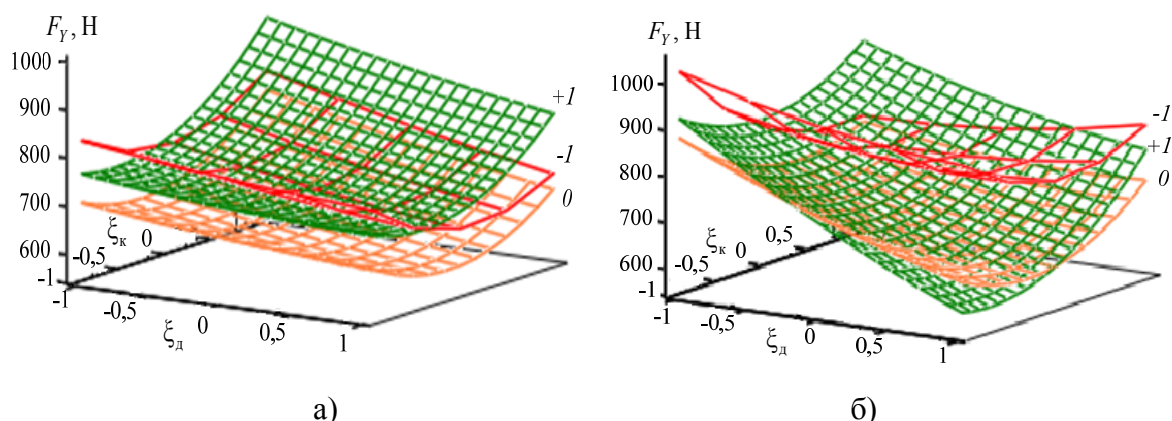


Рисунок 3 – Поверхности отклика функции касательной силы резания F_T при фиксировании фактора X_3 – смещения лезвий ножа для древесины сосны (а) и ели (б) соответственно

Для древесины ели (рис. 3, б): исследование экстремумов функции отклика касательной силы резания F_T показало, что при угле скоса длинного лезвия ножа $+30^\circ$, угле скоса короткого лезвия ножа $-11,5^\circ$, смещении лезвий ножа на величину $+3,5$ мм функция отклика касательной силы резания F_T принимает минимальное значение $575,4$ Н; при угле скоса длинного лезвия ножа -30° , угле скоса короткого лезвия ножа $+20^\circ$ и смещении лезвий ножа на величину $+5$ мм максимальное значение функции отклика касательной силы резания F_T равно 1024 Н.

Представленные на рис. 3 поверхности отклика показывают, что при увеличении угла скоса длинного лезвия ножа от -30° до $+30^\circ$ резко снижается значение функции отклика касательной силы резания на уровнях варьирования смещения лезвий ножа (0) и (+1). Менее интенсивно касательная сила резания падает при нижнем уровне варьирования фактора X_3 . Это объясняется уменьшением угла резания при длинном лезвии ножа и увеличением плавности входа его в древесину. С увеличением угла скоса короткого лезвия ножа от -20° до $+20^\circ$ изменение касательной силы резания на трех уровнях варьирования фактора X_3 проявляется по-разному. На нижнем уровне (-1) она снижается за счет преобладания поперечного вида резания длинным лезвием ножа, так как короткое лезвие ножа внедряется в древесину с запаздыванием. На верхнем уровне (+1) значения касательной силы резания плавно увеличиваются из-за увеличения суммарной длины резания коротким лезвием ножа и доминирования поперечно-торцевого вида резания, при этом с запаздыванием рез осуществляет длинное лезвие. На основном уровне (0) функция отклика касательной силы резания F_T остается практически полой с небольшими изменениями. Аналогично проведен анализ построенных функций отклика при варьировании переменными факторами X_1 , X_2 и для древесины ели.

При определении качества среза торца технологической щепы использовался электронный микроскоп JEOL JSM-5610. Микроструктурные исследования показали, что торец технологической щепы может быть образован без смятия волокон древесины или с их частичной закрытостью. При угле скоса длинного лезвия ножа -15° , угле скоса короткого лезвия ножа $+10^\circ$, смещении лезвий ножа 0 мм технологическая щепка обра-

зуется без смятия волокон древесины (рис. 4, а). Такая щепа характеризуется стабильными размерно-качественными характеристиками в соответствии с требованиями ГОСТ 15815 и рекомендуется к использованию в целлюлозно-бумажном производстве.

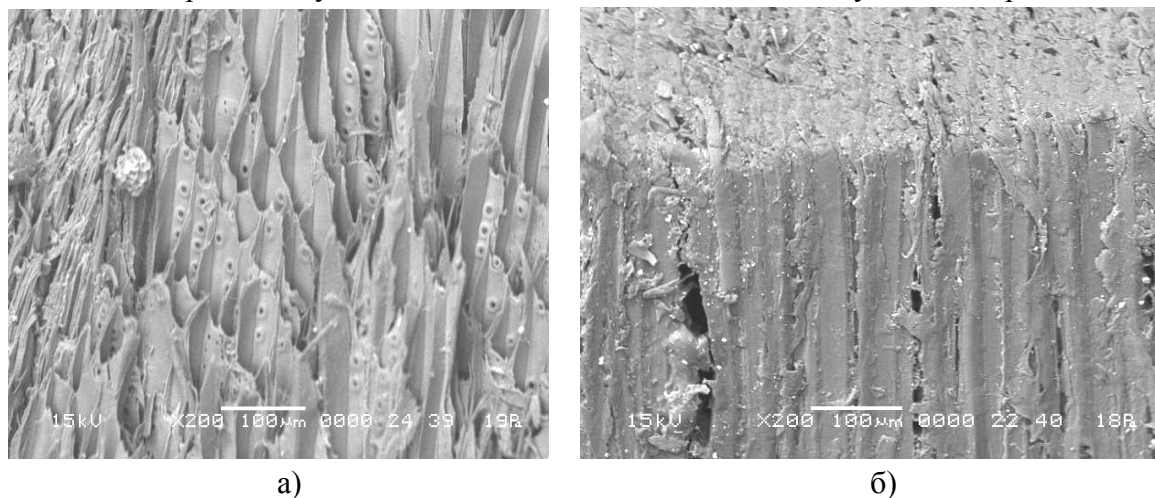


Рисунок 4 – Микроструктура торца технологической щепы с открытой структурой волокон древесины (а) и с закрытой структурой волокон древесины (б)

При угле скола длинного лезвия ножа $+15^\circ$, угле скола короткого лезвия ножа $+20^\circ$, смещении лезвий ножа 0 мм технологическая щепа образуется с частичным смятием волокон древесины (рис. 4, б). Такая щепа также характеризуется стабильными размерно-качественными характеристиками и рекомендуется к использованию в производствах плитных материалов.

Результаты анализа разработанных математических моделей и построенных на их основе трехмерных поверхностей функций отклика касательной силы резания F_Y в пределах исследуемых интервалов варьирования независимых факторов, оценки показателей качества продукции позволили рекомендовать к практическому использованию геометрические параметры сборного двухлезвийного ножа: при обработке древесины сосны угол скола длинного лезвия ножа $+15^\circ$, угол скола короткого лезвия ножа $+20^\circ$, смещение лезвий ножа 0 мм с получением шероховатости поверхности пласти бруса около 150 мкм.

Изготовлены промышленные образцы нового режущего инструмента с указанными геометрическими параметрами (рис. 5).

Проводились производственные испытания изготовленных промышленных образцов двухлезвийных ножей на фрезерно-брусующем станке PSP 500 второго ряда в составе линии SAB (Германия) ОАО «Борисовский ДОК».

При проведении производственных испытаний фиксировалась шероховатость поверхности пласти бруса древесины сосны. При обработке базовыми двухлезвийными ножами (угол скола длинного лезвия ножа 0° , угол скола короткого лезвия ножа -20° , смещение лезвий ножа 0 мм) шероховатость поверхности составляла около 350 мкм, разработанными новыми (угол скола длинного лезвия ножа $+15^\circ$, угол скола короткого лезвия ножа $+20^\circ$, смещение лезвий ножа 0 мм) – 150 мкм, т. е. снизилась в 2,3 раза. Аналогичные результаты могут быть получены при проведении испытаний разработанных новых конструкций сборных двухлезвийных ножей на других лесопильно-

деревообрабатывающих предприятиях, выпускающих пилопродукцию и технологическую щепу на фрезерно-брусующих станках.



Рисунок 5 – Промышленные образцы нового режущего инструмента

Результаты экспериментальных исследований позволили установить эмпирические зависимости составляющих F_x и F_z силы резания, которые рекомендуются к использованию при конструировании узлов крепления ножей фрезерно-брусующих станков. Установлено, что геометрические параметры двухлезвийных ножей влияют на касательную силу резания F_y , определяющую энергетические затраты процесса резания.

Касательная сила резания F_y при обработке:

а) древесины сосны на режимах с углом скоса длинного лезвия ножа $+30^\circ$, углом скоса короткого лезвия ножа -2° , смещением лезвий ножа $-0,3$ мм уменьшается на 12,9 % (с 672,4 Н до 585,9 Н);

б) древесины ели на режимах с углом скоса длинного лезвия ножа $+30^\circ$, углом скоса короткого лезвия ножа $-11,5^\circ$, смещением лезвий ножа $+3,5$ мм уменьшается на 23,4 % (с 751,0 Н до 575,4 Н).

Обеспечивается следующее качество поверхности пласти бруса:

а) для древесины сосны на режимах с углом скоса длинного лезвия ножа $+15^\circ$, углом скоса короткого лезвия ножа $+20^\circ$, смещением лезвий ножа 0 мм шероховатость обработанной поверхности пласти бруса снижается с 350 мкм до 150 мкм по сравнению с аналогом и одновременным повышением энергетических затрат на процесс.

б) для древесины ели на режимах с углом скоса длинного лезвия ножа $+15^\circ$, углом скоса короткого лезвия ножа -20° , смещением лезвий ножа $+5$ мм шероховатость обработанной поверхности пласти бруса снижается с 930 мкм до 380 мкм с повышением энергетических затрат на процесс.

Стабильные размерно-качественные характеристики технологической щепы обеспечиваются:

а) для древесины сосны на режимах с углом скоса длинного лезвия ножа -15° , углом скоса короткого лезвия ножа $+10^\circ$, смещением лезвий ножа 0 мм;

б) для древесины ели на режимах с углом скоса длинного лезвия ножа -15° , углом скоса короткого лезвия ножа $+20^\circ$, смещением лезвий ножа 0 мм.

Проведенные опытно-промышленные испытания разработанных новых конструкций сборных двухлезвийных ножей на ОАО «Борисовский ДОК» на ФБС второго ряда при обработке 2-кантного бруса на 4-кантный за счет снижения сил резания по-

зволили уменьшить сколы и вырывы на кромках и получить шероховатость поверхности пласти бруса до 150 мкм, снизить производственный брак.

Выполненные расчеты технико-экономических показателей применительно к ОАО «Борисовский ДОК» свидетельствуют об экономической эффективности использования новых конструкций сборных двухлезвийных ножей ФБС. За счет снижения текущих затрат на режущий инструмент, электрическую энергию, снижение брака производства готовой продукции при обеспечении требуемого качества можно достичь ожидаемого годового экономического эффекта в размере 49 511,26 тыс. руб. в ценах 2009 года.

Библиографический список

1. Раповец, В.В. Возможности управления качественными и силовыми показателями процесса формирования технологической щепы двухлезвийными резцами на фрезерно-брусующих станках / В. В. Раповец, Н. В. Бурносов // Труды БГТУ, Сер. II, Лесная и деревообработ. пром-сть. – 2007. – Вып. XV. – С. 251–255.
2. Раповец, В. В. Методика проведения экспериментальных исследований процесса резания древесины на фрезерно-брусующих станках / В. В. Раповец, Н. В. Бурносов // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообработ. пром-сть. – 2006. – Вып. XIV. – С. 175–177.
3. Раповец, В. В. Влияние угловых параметров двухлезвийных ножей фрезерно-брусующих станков на энергетические показатели / В. В. Раповец, Н. В. Бурносов, А. К. Вершина // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообработ. пром-сть. – 2009. – Вып. XVII. – С. 297–300.
4. Морозов, В. Г. Дереворежущий инструмент: справочник / В. Г. Морозов. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 344 с.

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

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ОТ ЗАТУПЛЕНИЯ РЕЗЦА ПРИ ПРОДОЛЬНОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ ДРЕВЕСИНЫ

RELATIONS BETWEEN SURFACE ROUGHNESS AND CUTTING EDGE DULLING IN LONGTUDINAL CYLINDRICAL WOOD CUTTING

По ГОСТ 27.202-83 [1] качество изготавливаемой продукции является одним из критериев оценки надежности технологической системы. В свою очередь, одним из основных показателей качества продукции деревообработки является шероховатость обработанной поверхности. Она оказывает непосредственное влияние на многие технологические и эксплуатационные свойства отдельных деталей и изделия в целом. С ней связан расход материалов и технико-экономическая эффективность многих технологических операций таких, как склеивание, шлифование, покрытие лаком и др. Нельзя забывать и об эстетических свойствах древесины – отражающую и поглощающую способность, на которую непосредственно оказывает влияние шероховатость поверхности.

Физическая модель, описывающая потерю качества по показателю «шероховатость поверхности» в деревообработке по мере износа инструмента и закономерности возникновения соответствующих отказов, приведена в работе [2]. Теоретическое исследование предложенной модели методом численного эксперимента, выполнено в работе [3]. В основу модели была положена экспоненциальная формула, выведенная на основании данных Н.А. Кряжева [4] о зависимости высот неровностей разрушения H_{\max} от радиуса затупления инструмента. При этом параметр H_{\max} – среднеарифметическая величина из максимальных высот неровностей – принимался согласно действовавшему в то время ГОСТ 7016-54.

В настоящее время действует ГОСТ 15612-78 [5] в соответствии с которым шероховатость поверхности древесины оценивается рядом показателей: среднее арифметическое абсолютных отклонений профиля R_a , высота неровностей профиля по десяти точкам R_z , среднее арифметическое высот отдельных наибольших неровностей профиля R_{\max} и средний шаг неровностей профиля по впадинам S_z .

Для определения зависимости этих параметров от степени затупления режущего инструмента нами были проведены исследования на базе предприятия ООО «НИК» в г. Сысерть. Исследования проводились на 4-х стороннем продольно – фрезерном станке Martin со скоростью подачи $U=12$ м/мин, частота вращения ножевых головок $n = 6000$ мин⁻¹. Обработывали пиломатериал с влажностью $W=12\%$, порода сосна, ширина $B=157$ мм; толщина $H=55$ мм; длина $L=3$ м. На верхней и боковых ножевых головках были установлены неперетачиваемые ножи фирмы Leuco с материалом режущей кромки HS (аналог стали Р6М5) в количестве 4-х штук на каждой. На нижней ножевой головке были установлены стальные ножи марки 8Х6НФТ, в количестве 2-х штук. К началу исследований ножи на фрезях имели приработку. Станок настраивали на изготовление деталей номинальной толщиной 48 мм, шириной 150 мм и во время исследований не поднастраивался.

Исследования проводились по методике, изложенной в [6]. Оценка и измерения шероховатости поверхности древесины производилось метрологическим методом – профилометрированием, предусмотренным в ГОСТ 15612-78. Через определенные интервалы времени работы станка после фрезерования отбирали по 3 доски, на каждой из этих досок проводились измерения шероховатости поверхности на трех участках длиной не более 200 мм (начало, середина и конец доски) на всех четырех плоскостях. Измерения проводились с помощью профилометра ПМД2-100, выпускаемого предприятием ООО «Микроавтоматика» г. Пенза [7].

Степень затупления инструмента оценивалась радиусом закругления режущей кромки, определявшимся по методике, описанной в [8].

Данные измерений были статистически обработаны: для каждой j -той выборки определяли среднее значение каждого параметра по формуле

$$\bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ji}}{n},$$

x_{ji} - полученные в мгновенной выборке значения параметра;

n_j - количество измерений в данной выборке;

j - номер выборки.

Сопоставление полученных зависимостей параметров шероховатости R_a , R_z , R_{max} и S_z от радиуса закругления режущей кромки ножей показало их статистическое совпадение для каждой из четырех обрабатываемых поверхностей. Это дало возможность объединения в пределах каждого параметра данных, полученных на всех обработанных поверхностях. Затем, с целью уменьшения «шума», к массивам была применена процедура сглаживания. Графики, построенные в пакете Excel путем нанесения на точечную диаграмму линий тренда, показаны на рис. 1-4.

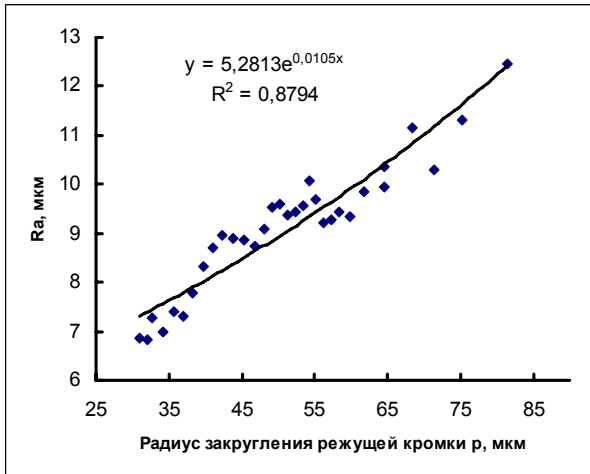


Рисунок 1 – Зависимость среднего арифметического абсолютных отклонений профиля от радиуса закругления режущей кромки

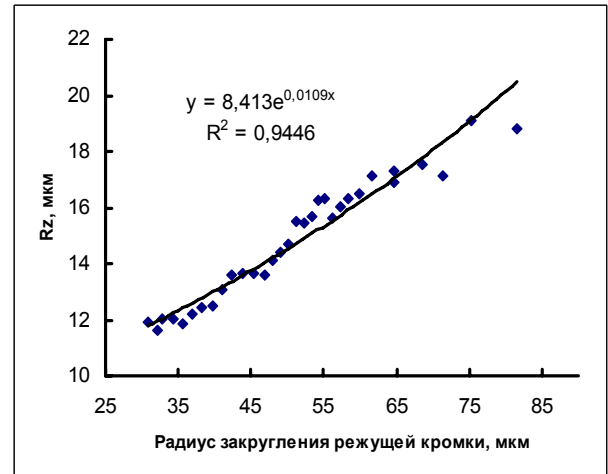


Рисунок 2 – Зависимость средней высоты неровностей профиля по десяти точкам от радиуса закругления режущей кромки

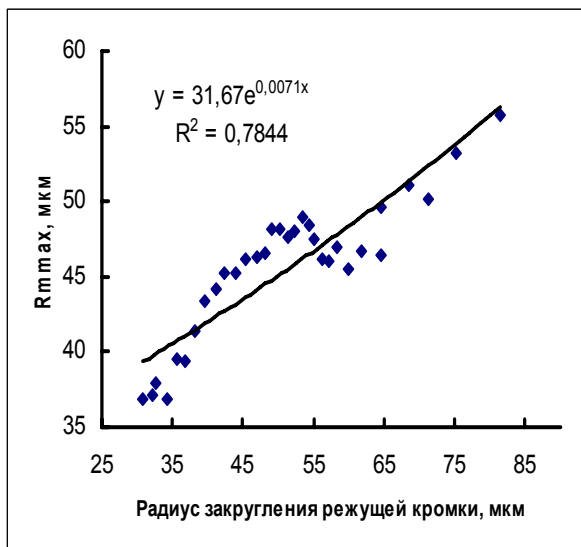


Рисунок 3 – Зависимость среднего арифметического высот отдельных наибольших неровностей профиля от радиуса закругления режущей кромки

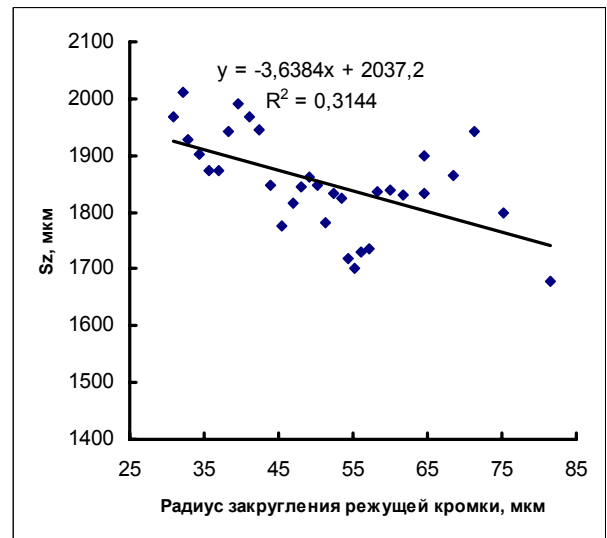


Рисунок 4 – Зависимость среднего шага неровностей профиля по впадинам от радиуса закругления режущей кромки

Как видно, с достаточной достоверностью (0,7844...0,9446) зависимости R_a , R_z , R_{max} от радиуса закругления режущей кромки аппроксимируются экспоненциальными функциями, что согласуется с данными Н.А. Кряжева. Зависимость среднего шага неровностей профиля по впадинам S_z от радиуса закругления режущей кромки более

близка к линейной. Его уменьшение по мере износа лезвия можно объяснить тем, что из-за неточной настройки лезвий ножей наибольшая глубина впадины формируется лезвием с наибольшим радиусом поверхности резания. По мере затупления данного лезвия, в формирование впадин включаются следующие лезвия, что ведет к уменьшению шага неровностей.

Полученные зависимости можно использовать в расчетной модели определения наработки до отказа технологической системы продольного цилиндрического фрезерования по параметру качества продукции «шероховатость поверхности».

Библиографический список

1. 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.
2. Новоселов В.Г. Расчет безотказности технологической системы деревообработки по параметру качества продукции «шероховатость поверхности» [Текст]/ В.Г.Новоселов// Изв. Санкт-Петербургской гос. лесотехн. акад. – СПб, 2006. – Вып. 3. – С. 178-184.
3. Новоселов В.Г. Теоретическое исследование надежности технологической системы деревообработки по параметру качества продукции "шероховатость поверхности" [Текст]/ В.Г.Новоселов, 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. Кряжев Н.А. Цилиндрическое и коническое фрезерование древесины [Текст] / Н. А. Кряжев; М.: Гослесбумиздат, 1963. 184 с.
5. ГОСТ 15612-78 Изделия из древесины и древесных материалов. Методы определения параметров шероховатости поверхности [Текст]. Введ. 1978. М.: ИПК Издательство стандартов, 13 с.
6. Рогожникова И.Т. Критерии, методы и средства определения надежности технологических систем деревообработки по показателю качества «шероховатость поверхности» [Текст]/ И.Т.Рогожникова, В.Г.Новосёлов //Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: материалы II международного евразийского симпозиума, Екатеринбург, 2-5 октября 2007 г./ Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т.- 2007. С.94-99.
7. Профилометр «ПМД2-100». Руководство по эксплуатации. МА5464-4007РЭ [Текст]. Пенза, ООО «Микроавтоматика», 2007. 12с.
8. Исследование износостойкости стальных и неплетачиваемых твердосплавных ножей при продольном фрезеровании древесины [Текст]/ В.Г.Новоселов, А.Р.Абдулов //Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: материалы IV международного евразийского симпозиума, Екатеринбург, 29 сентября - 2 октября 2009 г./ Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т.- 2009. С.315-320.

Санников С.П., Сулова С.С., Сулов Д.Г., Колесова Л.А.,
Шипилов В.В. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) SSP-mail@mail.ru

**МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УЗЛА
С ТОРЗИОМЕТРОМ ДЛЯ СНЯТИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК СУСПЕНЗИЙ**
*DESIGN OF MEASURING TORSION UNIT FOR RHEOLOGICAL
CHARACTERISTICS MEASUREMENT*

Ротационные приборы для технических измерений концентрации, вязкости и снятия реологических характеристик многофазных жидкостей, таких как суспензий и пульп являются, востребованы во многих отраслях промышленности. Кинематическая схема включает чувствительный элемент цилиндрической или шарообразной формы приводимый во вращение электродвигателем через упругий элемент. При отсутствии гидравлического сопротивления суспензии измерительного узла вращающий момент от электродвигателя синхронно передается чувствительному элементу. При изменении свойств суспензии на поверхности чувствительного элемента возникает сила трения пропорциональная концентрации (вязкости), что приводит к разности вращающих моментов обусловленных углом закручивания упругого элемента.

Измерительные устройства основаны на определении разности моментов вращения, угла закручивания или силы трения различными способами — как механическими, так и электрическими, например измерения силы тока в электродвигателе.

Известно выражение для определения касательного напряжения трения, создаваемого суспензий на поверхности ротационного вискозиметра [1]

$$\tau = \frac{M}{2\pi L R_{cp}^2},$$

где L — глубина (высота) погружения чувствительного элемента в суспензию древесной массы;

$R_{cp} = \frac{R_n + R_{вн}}{2}$ — средний радиус в рабочем зазоре измерительного устройства

(рис. 1).

Формулу перепишем для момента трения поверхности чувствительного элемента о суспензию

$$M_2 = 2\pi\tau L R_{cp}^2.$$

Измерительный момент равен разности моментов $M_{изм} = M_1 - M_2$, где M_1 — момент вращения, создаваемый приводом торзиометра (рис. 1).

Для укрупненного расчета, рассматривая торзиометр, как механическую «пружину», то значения создаваемые им относительно момента вращения чувствительного элемента M_2 можно выразить через угол закручивания φ

$$M_1 = \frac{EJ_z}{H} \varphi n = k_n \varphi n,$$

где E — модуль упругости первого рода;
 J_z — момент сопротивления;
 H — высота пружины торзиометра;
 n — число пружин в торзиометре.

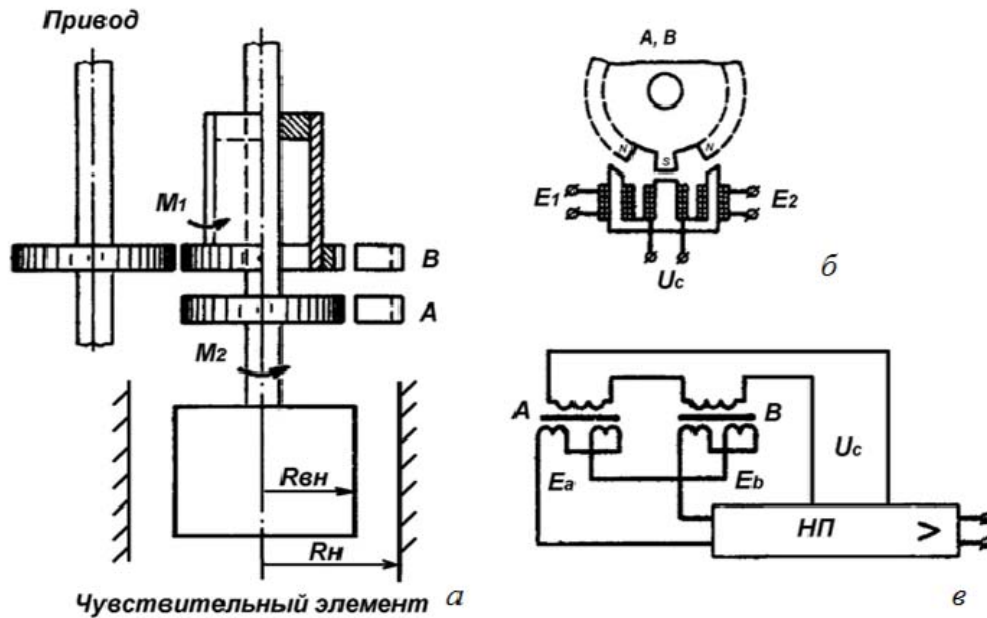


Рисунок 1 – Измерительный узел для снятия реологических характеристик суспензий:
 а — кинематическая схема; б — магнитные диски с дифференциально-трансформаторными датчиками А и В; в — схема соединения дифференциально-трансформаторных датчиков А и В

Максимальная величина угла закручивания должен совпадать с углом шага зубьев на магнитном диске А и В.

Для магнитного диска А и В с числом зубьев $z = 20$ угол закручивания не должен превышать $\varphi \leq 18$.

В зависимости от конструкции дифференциально-трансформаторного датчика в некоторых случаях следует выбирать угол закручивания равный $0,5\varphi$ (рис. 2). Это связано с тем, что при рассогласовании вращающих моментов M_1 и M_2 в дифференциально-трансформаторных датчиках ЭДС в первой половине угла φ нарастает, а затем снижается до той же величины.

В равновесном положении, при концентрации суспензии равной нулю, $M_1 = M_2$, следовательно

$$\varphi = \frac{k_{\text{д}}}{k_{\text{п}}} \omega = k \omega$$

где $k_{\varphi} = a \frac{m \cdot B^2 \cdot b^2 \cdot R_1^2}{r_p}$ — конструкционный коэффициент магнитного диска чувствительного элемента;

a — коэффициент пропорциональности $a = 0,102$ [2];

B — магнитная индукция в поле магнитного диска и дифференциально-трансформаторного датчика измерительной системы, Тл;

b — радиальный зазор между магнитным диском и дифференциально-трансформаторным датчиком, м;

R_1 — расстояние от центра магнитного диска до центра полюса, м;

r_p — омическое сопротивление тока, вызываемого полем магнитного диска.

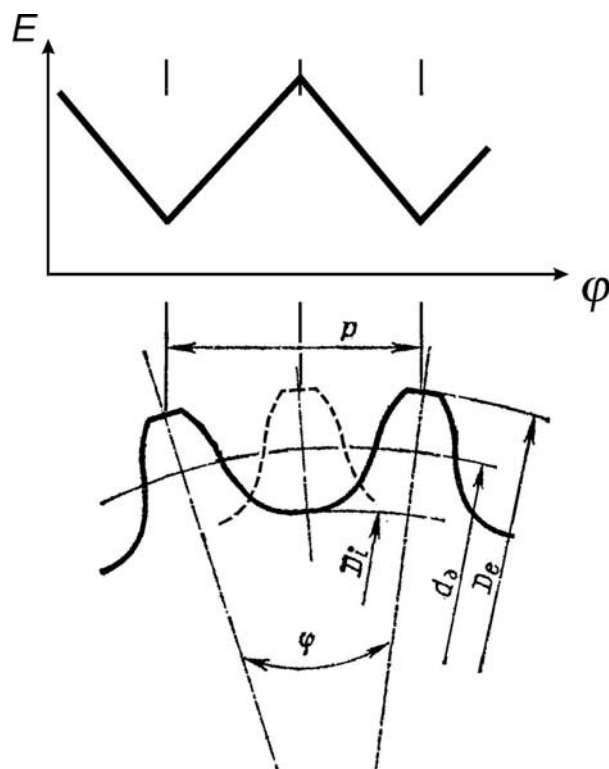


Рисунок 2 – Изменение ЭДС от угла поворота магнитного диска

В дальнейшем, используя для торсионной пружины материал с известным модулем упругости E и момент сопротивления J_z вычислим высоту торсионной пружины H по формуле:

$$H = \frac{E J_z}{M_1} \varphi n.$$

Для стали 65Г с модулем упругости $E = 210$ ГПа и моментом сопротивления J_z для количества пружин в торзиометре $n = 4$, где $M_1 = M_2 = 7,43$.

$$H = 4 \cdot 18 \frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 4,9 \cdot 10^{-12}}{743} = 0,1 \text{ м.}$$

При вращении магнитного диска чувствительного элемента против каждого его полюса в катушке дифференциально-трансформаторного датчика наводится ЭДС, В

$$E_p = Bbv, [B],$$

где $v = \omega R_1$ — линейная скорость.

При наличии ЭДС E_p , наведенной магнитным диском, в катушке дифференциально-трансформаторного датчика возникает ток

$$I_p = \frac{F_p}{r_p}$$

Сила взаимодействия между полем одного полюса магнитного диска и током наведенного в катушке дифференциально-трансформаторного датчика вычисляется по формуле:

$$Q_1 = aBI_p b.$$

Тогда момент на магнитном диске чувствительного элемента, создаваемый m полюсами на радиусе R_1 , равен:

$$M_{чз} = m Q_1 R_1,$$

где m — количество зубцов на магнитном диске, который по значению равен моменту трения чувствительного элемента о суспензию, т.е. $M_{чз} = M_2$.

Как показано в [1] касательное напряжение, возникающее на чувствительном элементе зависит от градиента скорости $\dot{\gamma}$ в гидравлическом канале, т.е. между поверхностью чувствительного элемента и стенкой канала. Выше сказанное подробно исследовано автором [1] и результаты представлены в виде графиков (см. рис. 3).

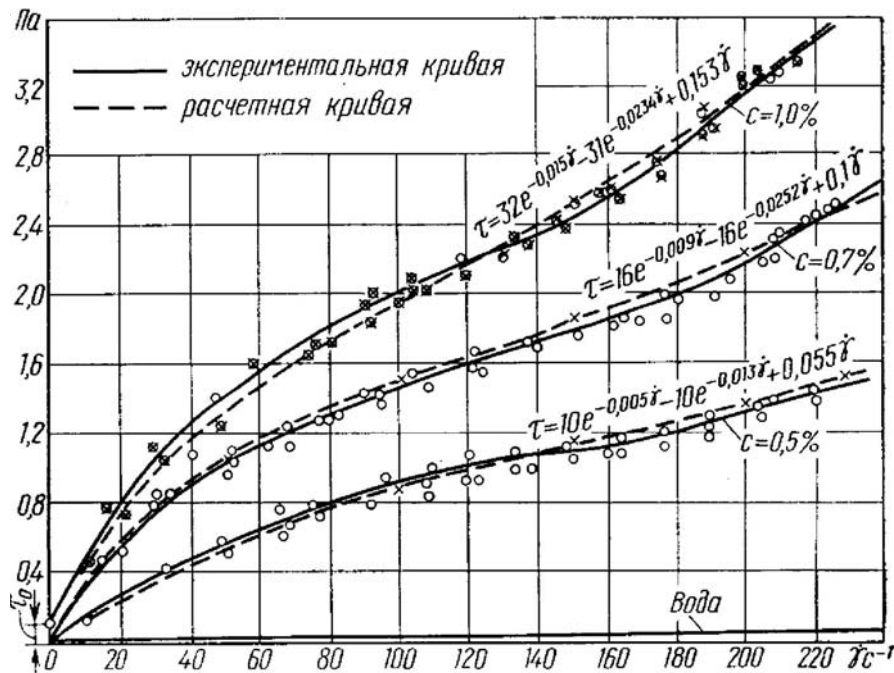


Рисунок 3 – Реологические характеристики для суспензии древесной массы

Реологические характеристики суспензии древесной массы со степенью помола 50 °ШР (концентрация массы с 0,5; 0,7; 1,0 %) представлены в табл. 1.

Расчет показал, что для градиента скорости волокнистой суспензии $\dot{\gamma} = 240 \text{ с}^{-1}$ касательное напряжение равно = 3,50 Па.

Примем $R_{вн} = 0,1 \text{ м}$, а $R_n = 0,16$ $R_{cp} = \frac{0,16 + 0,10}{2} = 0,13 \text{ м}$. $L = 0,2 \text{ м}$

$$M_2 = 2\pi\tau LR_{cp}^2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 350 \cdot 0,2 \cdot 0,13^2 = 7,43 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Таблица 1 – Касательное напряжение суспензии древесной массы (50 °ШР)

Градиент скорости $\dot{\gamma}$, с^{-1}	Касательное напряжение		
	концентрация, с, %		
	0,5	0,7	1,0
0	0,01	0,04	0,12
20	0,3	0,52	0,75
40	0,46	0,92	1,31
60	0,72	1,12	1,58
80	0,8	1,31	1,82
100	0,91	1,48	2,01
120	1,05	1,62	2,25
140	1,14	1,71	2,32
160	1,18	1,76	2,50
180	1,21	1,94	2,80
200	1,31	2,20	3,21
220	1,4	2,40	3,51
240	1,5	2,53	—

Таким образом, основные механические элементы измерительного узла рассчитаны с использованием реологических характеристик полученных на ротационном вискозиметре, а дифференциальный индуктивный преобразователь проектируется по хорошо известным методикам. Например, можно воспользоваться по одной из предложенных методик А.В. Федотовым [3].

Библиографический список

1. Терентьев О.А. Гидродинамика волокнистой суспензии в целлюлозно-бумажном производстве. — М.: Лесная пром-ть, 1980. — 248 с.
2. Власов А.Д., Мурин Б.П. Единицы физических величин в науке и технике. Справочник. — М.: Гелиос АРВ, 2000. — 192 с.
3. Федотов А.В. Расчет и проектирование индуктивных измерительных устройств. М.: Машиностроение, 1979. 176 с. Ил. (Б-ка приборостроителя).

Сулинов В.И., Гороховский А.К., Щепочкин С.В.

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

СТЕНД ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТОЧНОСТИ СБОРНЫХ ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ ФРЕЗ WORKBENCH FOR CHECKING ACCURACY OF COMPOUND ROUTER FOR WOODWORKING

Сборные дереворежущие фрезы в деревообрабатывающих станках продольно-фрезерной группы чаще всего встречаются в виде съемных ножевых головок или стационарно установленных в станке ножевых валов. В том и другом случае основу конструкции сборной фрезы составляет корпус с пазами и закрепляемыми с помощью винтов и клиньев в этих пазах резцами.

Резцы при цилиндрическом фрезеровании выполняются плоскими с прямолинейной режущей кромкой по ГОСТ 6567-75.

При возрастающих требованиях к точности дереворежущего инструмента наряду с теоретическими исследованиями проводятся работы экспериментального характера, подтверждающие или отрицающие те или иные теоретические гипотезы.

В учебной лаборатории при использовании серийного станка и тем более в условиях реального производства практически невозможно дифференцированно оценить влияние на точность инструмента, например, таких факторов как класс точности подшипников, способа установки и закрепления ножей и т.д.

Для решения задачи экспериментального определения точности сборных дереворежущих фрез на кафедре станков и инструментов УГЛТУ был создан специальный стенд (см. рис.).

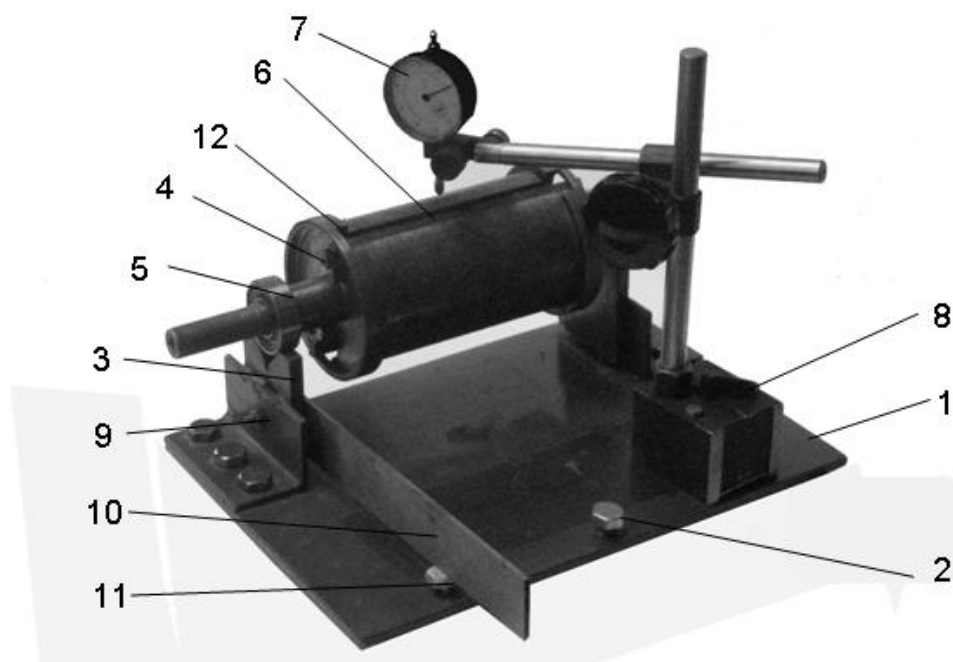


Рисунок – Стенд для определения точности сборных дереворежущих фрез

Как видно из рисунка, стенд включает стальную плиту 1 с тремя регулируемы опорами 2 для придания плите строго горизонтального положения.

На поверхности плиты закреплены две призматические опоры 3. На этих опорах может быть установлен контролируемый вал со съемной ножевой головкой или, как это видно из приведенной фотографии – ножевой вал 4 вместе с подшипниками 5. Для контроля точности установки ножей относительно оси вращения подшипников на плите 1 размещается индикатор часового типа 7, положение которого в пространстве определяется системой крепежных элементов, базирующихся на магнитном основании 8.

При использовании индикатора повышенной точности с ценой деления 0,001 мм на данном стенде можно проводить исследования по определению контактной жесткости в системе: нож 10 – испытуемый образец 11.

Один конец ножа 10 закреплялся шарнирно относительно оси 9, а на противоположном конце, ножа с помощью гибкой нити подвешивались грузики, создающие необходимое контактное взаимодействие между лезвием ножа и испытуемым образцом

11. Косвенным показателем допустимых контактных напряжений являлись показания индикатора, свидетельствующие о внедрении лезвия ножа в поверхность испытуемого образца (материал – сталь 45) на глубину до 0,002 мм.

С учетом данного условия было установлено, что в месте контакта ножей с кольцами 12 усилия взаимного давления не должны превышать 2...3 Н в расчете на один мм длины линии контакта.

Контактные напряжения необходимо учитывать при установке ножей по методу кольцевых баз [1], когда резцы выдвигаются из корпуса фрезы до их касания с внутренней цилиндрической поверхностью установочных колец 12.

Данный метод выверки ножей был усовершенствован авторами [2] за счет того, что установочные базы Г – образных колец 12 после их запрессовки на крайние участки корпуса фрезы, а также посадочные участки вала для подшипников 5 обрабатывались с одной установки после сборки.

Это позволило повысить точность установки ножей до 0,02...0,03 мм.

С учетом полученных значений точности допустимая по кинематическим неровностям скорость подачи может быть определена по формуле

$$V_s = 0,002 \cdot n [\sqrt{hD - h^2} + \sqrt{hD - \Delta D + \Delta^2}] ,$$

где n – частота вращения фрезы, мин⁻¹;

h – заданная высота кинематических неровностей, мм;

D – номинальный диаметр окружности резания фрезы, мм;

Δ – фактическая точность фрезы, $\Delta = R_1 - R_2$.

Библиографический список

1. Вандерер, К.М. Специальный дереворежущий инструмент [Текст]/ К.М.Вандерер, Г.А. Зотов // М.; Лесн. Пром-сть, 1983. 204 с.
2. Сулинов В.И. Сборная фреза № 30114, 2003 г. Полезная модель. Россия.

Сулинов В.И., Хусаинов И.А. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РОЛИКОВЫХ И КОНВЕЙЕРНЫХ АВТОПОДАТЧИКОВ ДЛЯ ФУГОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ COMPARATIVE ANALYSIS OF ROLLER AND CONVEYOR AUTO- FEEDERS FOR PLANER-JOINTER

Среди средств механизации процесса обработки заготовок на фуговальных станках в основном используются роликовые и конвейерные автоподатчики. Роликовые автоподатчики отличаются конструктивной простотой, мобильностью. Принято считать, что конвейерные автоподатчики передают давление на заготовку одновременно в нескольких точках и поэтому деформируют ее в меньшей степени, чем роликовые.

По существующим нормам [1] допускаемая неплоскостность поверхности, получаемой в процессе обработки на фуговальных станках, не должна превышать 0,2 мм на длине 1000 мм. Чтобы снизить эффект «выпрямления» от сосредоточенного усилия

ролик роликового автоподатчика в зоне переднего стола следует устанавливать [2] на расстоянии не более 80...90 мм от оси ножевого вала.

Из этих же соображений конвейерный автоподатчик над передним столом также должен находиться на минимальном удалении от оси ножевого вала 150...160 мм.

С учетом сделанных замечаний рассмотрим следующие схемы для нагрузок, воспринимаемых заготовкой при базировании ее на переднем столе фуговального станка при подаче роликами и конвейером.

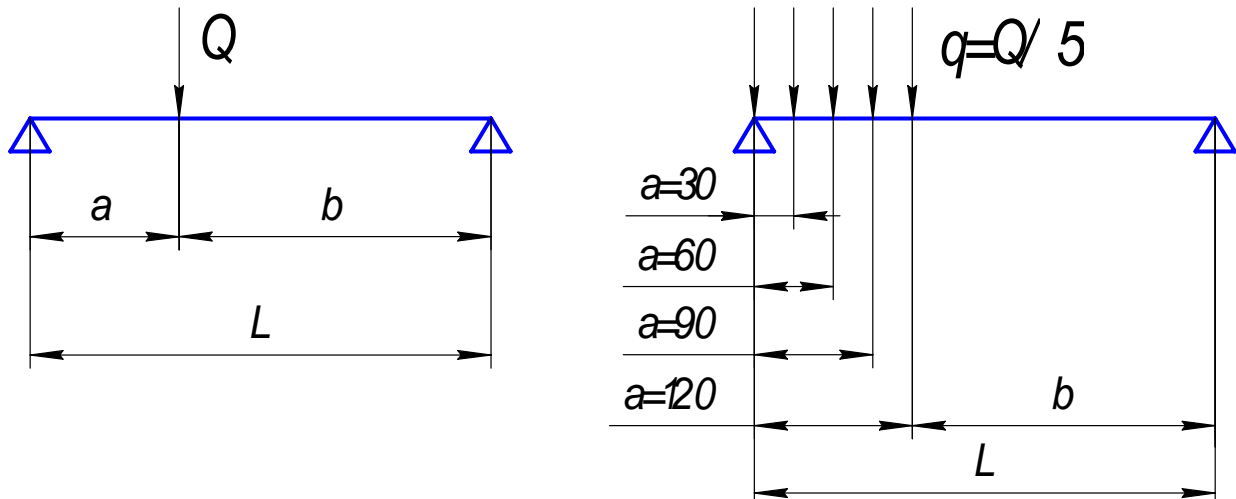


Рисунок 1 – Схема нагружения деталей на переднем столе фуговального станка:
 a – от сосредоточенной силы ролика; b – от рассредоточенных сил конвейера.

Зададимся условием, что обрабатываются сосновые заготовки шириной $B = 50$ мм, высотой $H = 20$ мм, длиной $L = 1000$ мм. Толщина снимаемого слоя $h = 1$ мм. Скорость подачи изменяется в пределах от $V_s = 6$ м/мин до $V_s = 28$ м/мин.

Подающий ролик удален от кромки стола перед ножевым валом на расстояние, $a = 60$ мм. Отсюда согласно рис. 1 $a + b = 940$ мм.

Подающий конвейер над передним столом занимает участок длиной 120 мм. Упругие элементы конвейера на этом участке располагаются с шагом 30 мм, см. Рис.1б.

Для того, чтобы сравнить, как деформируются заготовки под воздействием прижимного усилия со стороны подающего ролика и конвейера, были произведены соответствующие расчеты, результаты которых отражает график зависимости скорости подачи от прижимного усилия со стороны подающих органов (рис. 2).

Прогиб заготовки под действием прижимного усилия Q находим по формуле

$$Y = \frac{Q \cdot a^2 \cdot e^2}{3EJL},$$

где Q – прижимное усилие, Н;

a и e – соответствующие участки для расчетной схемы Рис. 1;

E - модуль упругости древесины;

J - момент инерции сечения заготовки;

L - длина заготовки.

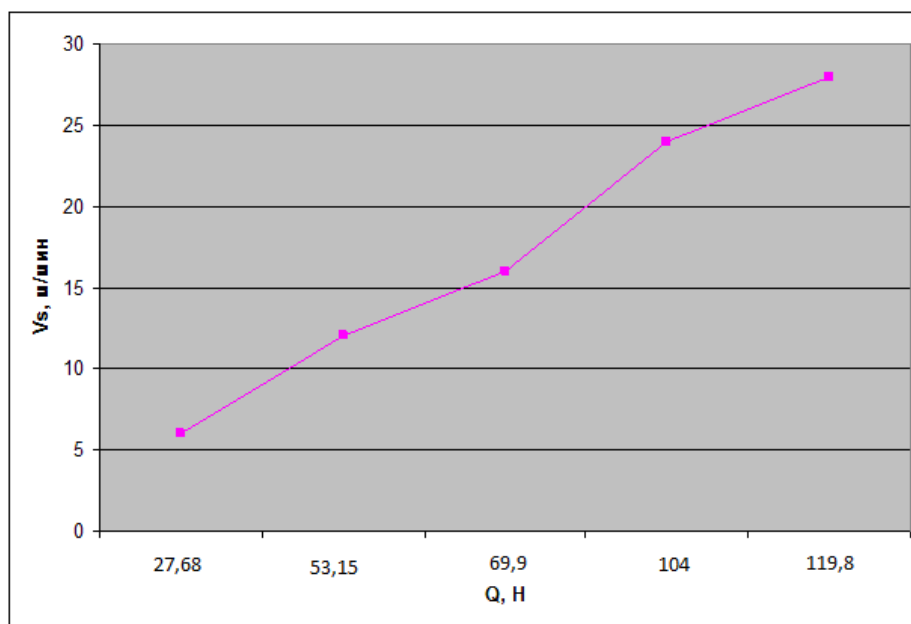


Рисунок 2 – Зависимость прижимного усилия Q от скорости подачи заготовки V_s

В результате обработки расчетных данных (табл. 1) получим график зависимости прогиба заготовки от скорости подачи V_s (рис. 3).

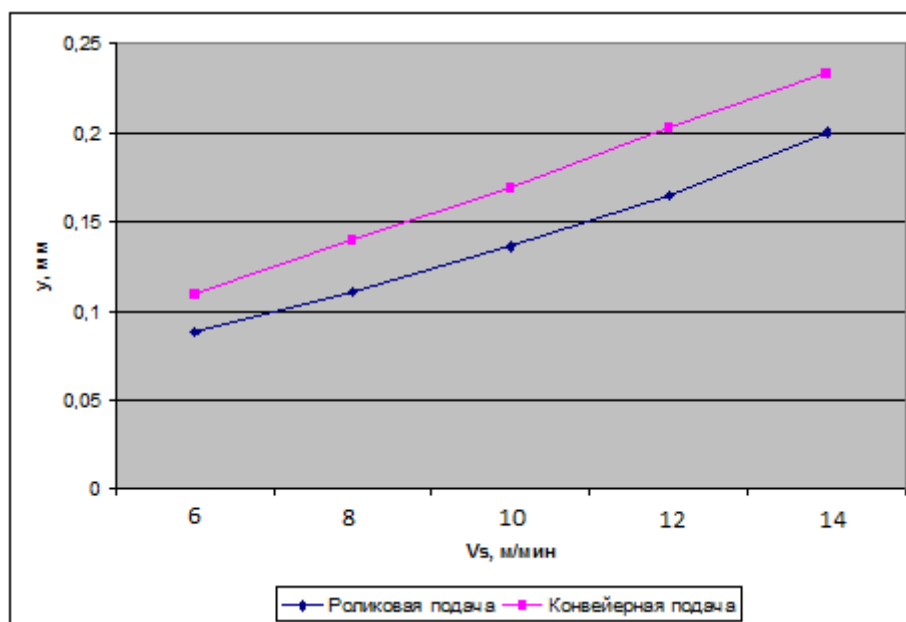


Рисунок 3 – Зависимость прогиба заготовки от скорости подачи

Таблица 1 – Расчетные данные

Роликовая подача	V_s	6	8	10	12	14
	y	0,088	0,111	0,136	0,165	0,2
Конвейерная подача	V_s	6	8	10	12	14
	y	0,109		0,169	0,203	

Из графика $y = f(V_s)$ следует, что, не смотря на то, что конвейер воздействует на заготовку по схеме рассредоточенных сил, предельная величина деформации $y \geq 0,2$ мм / 1000 мм у роликового автоподатчика обнаруживается при скорости подачи $V_s = 14$ м/мин, а у конвейерного - при скорости подачи $V_s = 12$ м/мин.

При постоянной скорости подачи $V_s = 14$ м/мин по мере увеличения высоты заготовки H ее жесткость резко возрастает:

Таблица 2 – Зависимость жесткости заготовки от высоты

H	20	25	30	40	50
y	0,2	0,097	0,056	0,023	0,012

Отсюда можно сделать вывод о том, что направление по проектированию роликовых автоподатчиков является более перспективным.

Дальнейшее улучшение технических возможностей роликовых автоподатчиков возможно за счет привода переднего ролика через обгонную муфту [3]. Линейная скорость второго ролика, расположенного над задним столом второго ролика, может быть в 1,8...2 раза больше, чем у первого.

Незначительное снижение производительности при перебазировании заготовок с переднего стола на задний в данном случае вполне компенсируется увеличением скорости подачи под вторым роликом.

Библиографический список

1. Манжос, Ф.М. Испытание дереворежущих станков на точность [Текст] / Ф.М. Манжос. М., «Гослесбумиздат», 1956.
2. Бондарь, В.Г. Фуговальные станки для обработки древесины [Текст] / В.Г. Бондарь. М.: Лесн. пром-сть, 1983.
3. Тимофеев, Ю.П. Авторское свидетельство России № 642162 [Текст] / Ю.П. Тимофеев, В.И. Сулинов, 1978.

Черемных Н.Н., Арефьева О.Ю. (УГЛТУ, Екатеринбург, РФ)

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ МАШИНЫ *LIFE CYCLE ASSESSMENT OF WOODWORKING EQUIPMENT*

Общепризнано, что древесина приобретает все большее значение как экономический фактор и опорная точка в промышленном развитии многих государств земного шара. Являясь природным, доступным во всех регионах мира материалом, дерево становится все более привлекательным для внимания архитекторов, дизайнеров интерьера и представителей иных инженерно-технических профессий. Сравнительно короткому и недорогому процессу переработки экологически чистого сырья в готовую высоко товарную потребительскую продукцию способствует современный парк деревообрабатывающих машин.

Технологическое оборудование лесопильно-деревообрабатывающих производств, предназначенное для облегчения или замены ручного труда рабочего при выполнении технологических операций какого-либо производственного процесса, в настоящее время насчитывает более 1000 моделей машин.

Деревообрабатывающие машины характеризуются высокой производительностью, при которой приходится обеспечивать рабочие скорости 60,80,100 и даже более м/с. Скорости подачи, в частности выросли в оборудовании с крупными пилами до 150 м/мин, в четырехсторонних продольно-фрезерных до 100...150 м/мин. Рост производительности приходится обеспечивать также за счет увеличения режущих инструментов (узлов): пил в поставе или на шпинделе, рабочих шпинделей и т.д.

Современные рыночные отношения подталкивают производителей оборудования непрерывно обновлять технические средства, создавать новое, разнообразное и конкурентоспособное оборудование: многоцелевой д/о центр для изготовления деревянных окон различных конструкций модели МДЦ-15; агрегат сверлильно-фрезерный модели АСФ-1; агрегат для сверления и установки петель модели АСП-1; фрезерный агрегат для обработки базовых канавок и раскладок арочных элементов деревянных конструкций модели АФ-1; станок фрезерный для филенчатых дверей и мебельных фасадов моделей ФФД-1 и ФФД-2; станок шипорезный для фрезерования зубчатых шипов модели ШС; станок шипорезный модели ШС-6; станок фрезерно-профильный модели СФП-1; станок шипорезный односторонний модели ШОБ-10 и ШОБ-20; станок торцовочный с нижним расположением пилы модели ЦСТ-01; станок для обработки элементов декоративных деревянных решеток модели ДР; станок делительный двухпильный модели ПАРК 052.2.01; станок рейсмусовый односторонний модели СР400; станок долбежный модели СД1; станок заусовочный модели ПАРК 052.1; станок универсальный пильный модели УПС; станок универсальный фрезерный модели УФС-1; станок фрезерный модели ФБИ-1 (частота вращения шпинделя 15000 мин⁻¹); станок д/о комбинированный модели К40МШ; станок строгальный четырехсторонний модели С16М-4У; станок ленточнопильный горизонтальный модели ЛГ40 и ЛГ40-Э; станок ленточнопильный для бревен модели ПЛР-1Г/1200; станок ленточнопильный с магнитостатическими опорами (Брянская Г ИТА); станок шлифовальный для обработки профильных погонажных изделий модели ШЛПИ и др.

В настоящее время такое оборудование удалось создать только на основе научных идей, исследований и технических достижений, в том числе межотраслевого характера (значения); с учетом мировой патентной практики.

Будущий инженер (магистр) – студент нашего ВУЗа должен осуществлять комплексную информатизацию технической деятельности предприятия любого вида собственности, которая определяет информационную поддержку жизненного цикла изделия (ЖЦИ) и инфраструктуры.

Напомним, что ЖЦИ – совокупность взаимосвязанных процессов (стадий) создания и последовательного изменения состояния от обработки сырья для его изготовления до эксплуатации и утилизации изделия.

К основным стадиям ЖЦИ деревообрабатывающих машин относятся:

- Маркетинг, на основании его готовится техническое задание на проектирование;

- Проектирование и разработка конструкции. Здесь также присутствуют планирование и контроль процессов проектирования, а также разработка технологии обработки и сборки;
- Производство машины (закупка материалов и комплектующих изделий, изготовление деталей, узлов и машины в целом; упаковка и хранение);
- Продажи, выставки различного уровня;
- Эксплуатация (транспортирование, монтаж и ввод в эксплуатацию у заказчика, технологическая помощь и сервисное сопровождение у заказчика, непосредственно эксплуатация заказчиком-потребителем (пользователем) данного изделия, модернизация);
- Утилизация с учетом экологических требований в конце полезного срока службы.

Следует отметить, что до недавнего времени первой и последней стадии в содержании ЖЦИ не было.

Применение средств вычислительной техники ускоряет весь процесс проектирования машин и даже изменяет ее эксплуатацию в условиях производства.

Системы САПР (за рубежом они известны больше как CAE, CAD, CAM) используют средства вычислительной техники на этапах конструкторской и технологической подготовки производства. При этом легче и доступнее становится проработка многовариантного проектирования и принятия оптимального решения с учетом заданных ограничений, налагаемых, к примеру, технологами, смежниками, заказчиком и др., а также системой ЕСКД.

Процесс проектирования согласно ГОСТ2.103-68 включает следующие стадии разработки:

- Техническое предложение ТП – разрабатывается Исполнителем на базе технического задания (исходный согласованный документ между Заказчиком и Исполнителем);
- Эскизный проект Э (разработка Э конструкции машины, изготовления элементов и узлов и проведение испытаний, рассмотрение и утверждение (Э) проекта;
- Технический проект Т – совокупность конструкторских документов для разработки рабочей конструкторской документации;
- Разработка рабочей документации – чертежи, методики испытания, спецификации, расчетно-пояснительная записка.

По спектру решаемых задач САПР можно условно разделить на три больших класса: легкие САПР; САПР среднего уровня; тяжелые САПР (САПР полного цикла, предназначенные для полной автоматизации всех процессов от конструкторской идеи до выпуска готовой продукции).

Последние подразумевают этапы макетирования, кинематических расчетов, расчетов прочностных и технических характеристик, подготовки документации, получение управляющих программ для оборудования с ЧПУ, а также полноценных рекламных материалов.

Выбор той или иной САПР в конкретных случаях определяется потребностями предприятия, сложившимися особенностями подготовки и выпуска продукции, опытом и квалификацией сотрудников и др. факторами.

На нашей кафедре начертательной геометрии и машиностроительного черчения на начальных курсах обучения изучается пакет AutoCAD и его приложения. Студенты

изучают не только двухмерное, но и трехмерное проектирование сложных объектов. Система AutoCAD позволяет создавать модели деталей любой сложности различными способами. Например, деталь можно построить при помощи твердотельных примитивов из библиотеки пакета или создать замкнутый контур любой сложности и применить операции вращения или выдавливания. Логические операции (объединения, вычитания или пересечения) позволяют создать единый объект из отдельных примитивов. В ходе выполнения таких построений происходит процесс оперирования образами, что, несомненно, приводит к развитию пространственного мышления, как основы конструирования.

Освоение основ компьютерного моделирования позволяет существенно сократить время разработки конструкторской и технологической документации.

Для студентов специальности (направление) 656300 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» продемонстрируем пример создания модели пильного вала (рис.1).

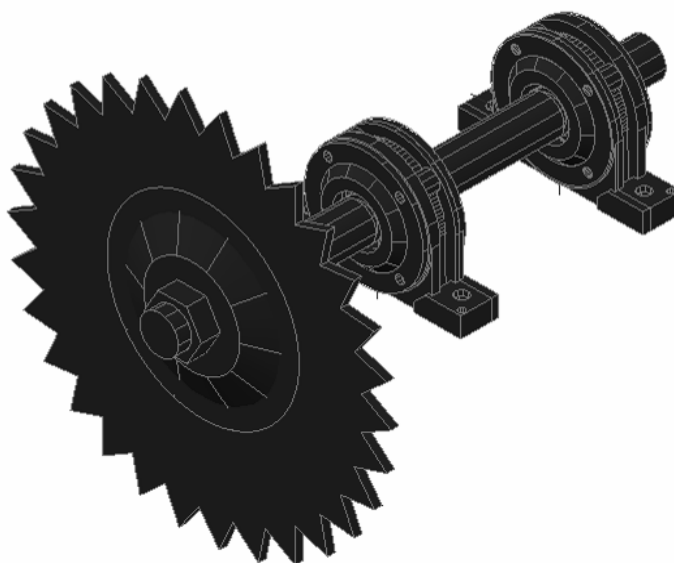


Рисунок 1 – Модель пильного вала

Шабалин Л. А. (УГЛТУ, Екатеринбург, РФ),
Старцев С. А. (НПП «Старт», Екатеринбург, РФ)

НАГРУЖЕННОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ГРУЗОПОДЪЕМНОГО МЕХАНИЗМА *LOADING OF ELEMENTS OF THE LOAD-LIFTING MECHANISM*

В рамках модернизации грузоподъемного механизма серийно выпускаемой на базе шасси КАМАЗ ремонтной автомашины возникла необходимость обоснованного выбора мощности электродвигателя для привода этого механизма.

Базовый грузоподъемный механизм (рис. 1) состоит из двух Г-образных параллельных рычагов 1 и 2, соединенных шарнирно вверху балкой 3, а внизу шарнирно опирающихся на опорные подшипники А, Е, закрепленные в кузове автомашины. Пе-

ремещение рычагов (наибольший угол отклонения от вертикали $\alpha = \pm 40^\circ$) осуществляется ручным коническо-винтовым приводом 4. Наибольшее расчетное усилие на рукоятке оператора, определенное заводским расчетом, не превышает 93 Н, что является допустимым по ГОСТ 21753-76, который устанавливает предельные усилия на рукоятках ручных механизмов, равные 150 Н при работе механизмом менее пяти раз в смену.

Однако, при эксплуатации механизма выяснилось, что усилие на рукоятке значительно выше расчетного, а время отведенное для приведения механизма в рабочее положение недопустимо велико по регламенту работы автомашины.

Анализ заводских расчетов указанного механизма показал, что они выполнены с большими допущениями:

- не учтены массы двух рычагов, которые составляют 20% от грузоподъемности устройства;
- не учтены силы трения в шарнирах;
- центр тяжести грузовой балки условно совмещен с центром тяжести груза.

Первые два допущения дают заниженные нагрузки в шарнирах и элементах привода. Третье допущение дает повышенную нагруженность всех элементов механизма.

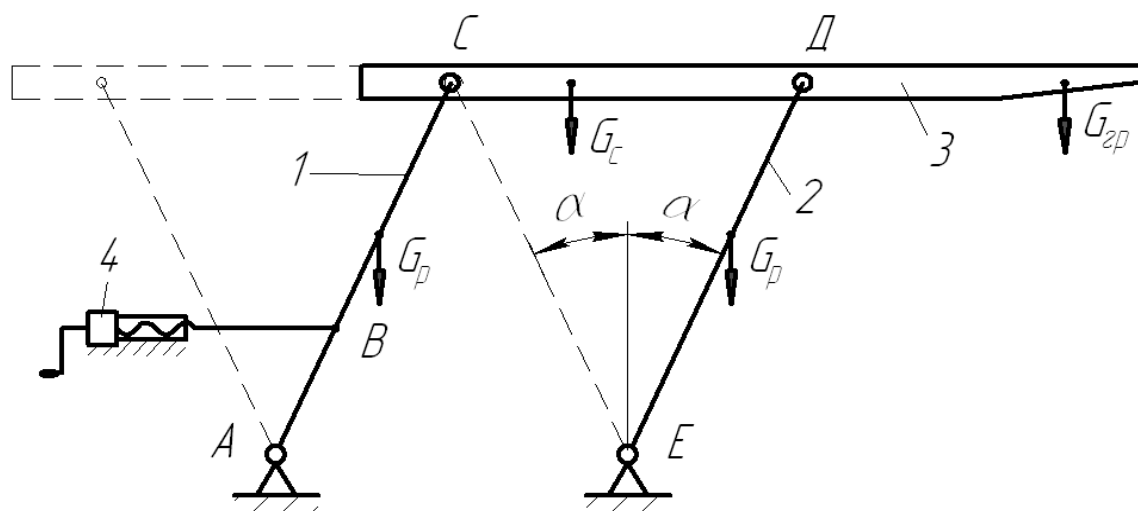


Рисунок 1 – Грузоподъемный механизм:

1, 2 – «Г»-образные рычаги; 3 – балка грузовая; 4 – коническо-винтовой ручной привод

Нами, с учетом сказанного, были уточнены расчеты реакций в шарнирах механизма и проведены экспериментальные замеры усилий на рукоятке коническо-винтового привода при различных положениях механизма. Измерения проведены на базе технопарка в Учебно-опытном лесхозе УГЛТУ.

При перемещении механизма из крайних положений вертикальные составляющие реакций в шарнирах С и Д от веса груза $G_{зп}$ и стрелы G_c остаются постоянными и определяются из выражений:

$$R_{CY} = (G_{зп}l_3 - G_c l_2) / (l_1 + l_2); \quad (1)$$

$$R_{DY} = [G_{зп}(l_1 + l_2 + l_3) + G_c l_1] / (l_1 + l_2), \quad (2)$$

где l_1, l_2, l_3 – расстояния по длине балки (рис. 2, а).

Горизонтальные составляющие реакций в шарнирах C и D , а так же вертикальные и горизонтальные составляющие реакций в шарнирах A, B, E зависят как от сил трения в шарнирах, которые в свою очередь сами зависят от величины этих реакций, так и от положения механизма. При этом наибольших значений реакции достигают в момент начала движения механизма из рабочего положения (показано на рис. 1 сплошными линиями) в походное положение (пунктирные линии).

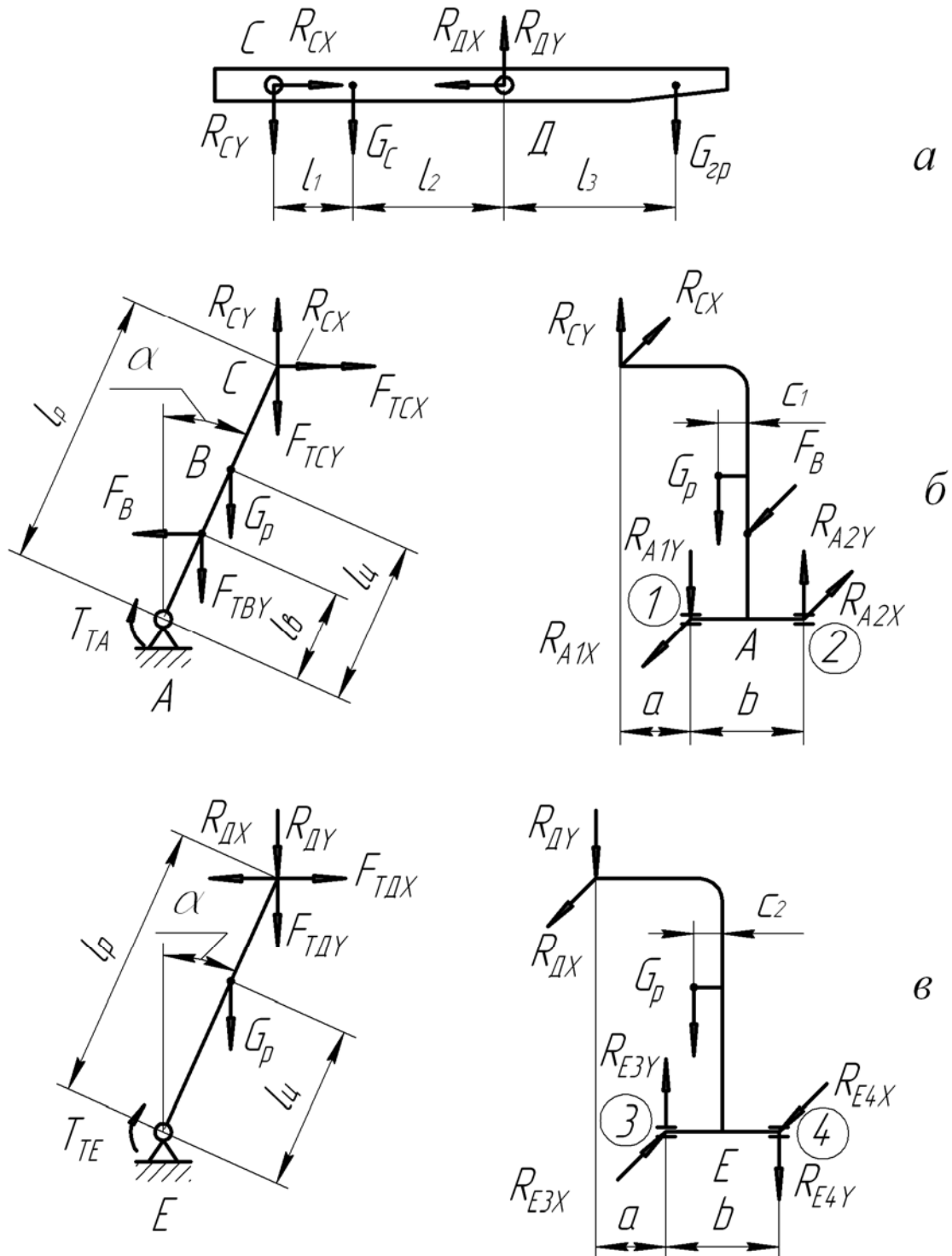


Рисунок 2 – Схемы к расчету реакций в шарнирах механизма:
 а - грузовой балки; б - первого рычага; в - второго рычага

Используя метод последовательных приближений, нами реакции в шарнирах определены для наиболее нагруженного положения механизма в начале без учета сил трения (в формулах обозначены со штрихом), которые определяются из выражений:

$$R'_{CX}=R'_{DX}=(R_{DY}l_p+G_{p2}l_u)tg\alpha/l_p; \quad (3)$$

$$R'_B=[(G_{p2}l_u-R'_{CY}l_p)tg\alpha+R'_{CX}l_p]/l_6; \quad (4)$$

$$R'_{A1Y}=[R_{CY}(a+b)-G_{p1}(0,5b+c_1)]/b; \quad (5)$$

$$R'_{A2Y}=[R_{CY}a-G_{p1}(0,5b-c_1)]/b; \quad (6)$$

$$R'_{A1X}=[R'_{CX}(a+b)+0,5F'_Bb(l_p-l_6)/l_p]/b; \quad (7)$$

$$R'_{A2X}=[R'_{CX}a-0,5F'_Bb(l_p-l_6)/l_p]/b; \quad (8)$$

$$R'_{E3Y}=[R_{DY}(a+b)+G_{p2}(0,5b+c_2)]/b; \quad (9)$$

$$R'_{E4Y}=[R_{DY}a-G_{p2}(0,5b-c_2)]/b; \quad (10)$$

$$R'_{E3X}=R'_{DX}(a+b)/b; \quad (11)$$

$$R'_{E4X}=R'_{DX}a/b. \quad (12)$$

Здесь в выражениях (3–12): l_p, l_u – соответственно длина рычагов и расстояние от опорных шарниров до их центра тяжести (рис. 2, б, 2, в); a – вылет консоли рычага относительно внутренней опоры; b – расстояние между опорами рычагов; c_1 и c_2 – расстояние от оси рычагов до их центра тяжести.

Результирующие реакции в опорах рычагов $R'_{A1}, R'_{A2}, R'_{E3}, R'_{E4}$ равны геометрической сумме их составляющих.

От реакций в шарнирах B, C и D возникают силы трения, а в опорах A и E – моменты трения:

$$F_{TB}=F'_Bf_B; \quad (13)$$

$$F_{TCX}=R'_{CY}f_C \text{ и } F_{TCY}=R'_{CX}f_C; \quad (14)$$

$$F_{TDX}=R_{DY}f_D \text{ и } F_{TDY}=R'_{DX}f_D; \quad (15)$$

$$T_A=0,5(R'_{A1}+R'_{A2})f_A d; \quad (16)$$

$$T_E=0,5(R'_{E3}+R'_{E4})f_E d. \quad (17)$$

Здесь в выражениях (13–17): f_B, f_C, f_D, f_A, f_E – соответственно коэффициенты трения скольжения в сферических подшипниках (ШС) в шарнирах B и C , приведенные коэффициенты трения качения шариковых подшипников в шарнире D и роликовых конических подшипников в A и E ; d – внутренний диаметр подшипников.

С учетом найденных на первом этапе приближенных сил и моментов трения горизонтальные составляющие реакций в шарнирах C и D и усилие на винте определяются из выражений:

$$R_{CX}=R_{DX}=F_{TDX}+(T_E/l_p \cos\alpha)+[(R_{DY}+F_{TDY})l_p+G_{p2}l_u]tg\alpha/l_p; \quad (18)$$

$$F_B=[(R_{CX}+F_{TBX})l_p \sin\alpha-(R_{CY}-F_{TCY})l_p \sin\alpha+G_{p1}l_u \sin\alpha+F_{TCX}l_6 \sin\alpha+T_A]/l_6 \cos\alpha. \quad (19)$$

В таблице приведены значения реакций, сил и моментов трения в шарнирах и опорах механизма при его крайнем (рабочем) положении при следующих данных: $l_1=0,275$ м; $l_2=0,325$ м; $l_3=0,711$ м; $l_p=1,895$ м; $l_u=0,7$ м; $l_6=0,477$ м; $a=0,65$ м; $b=0,209$ м; $c_1=0,048$ м; $c_2=0,065$ м; $G_{p1}=5000$ Н; $G_c=1000$ Н; $G_{p1}=500$ Н; $G_{p2}=474$ Н; $f_B=f_C=0,1$; $f_A=f_D=f_E=0,015$; $d=0,06$ м.

Реакции в шарнирах механизма, Н							
R_{CY}	R_{DY}	$R_{CX}=R_{DX}$	R'_{A1}	R'_{A2}	R'_{E3}	R'_{E4}	F_B
5383	11383	<u>9706</u> 10025	53394	28757	62919	47599	<u>21231</u> 28426
Силы трения в шарнирах, Н				Моменты трения в опорах, Н·м			
F_{TCY}	F_{TCX}	F_{TDY}	F_{TDX} , Н	T_A	T_E		
145	538	145	171	37	50		
Примечание. В числителе значения реакций в шарнирах C и D и усилие на винте F_B без учета сил трения, а в знаменателе – с учетом сил трения.							

Анализ данных таблицы показывает, что учет сил трения в шарнирах дает прибавку к расчетному усилию на винте более чем 7000 Н. При этом расчетное усилие на рукоятке коническо-винтового привода (с учетом его потерь) будет 130 Н или в 1,4 раза больше усилия, полученного по заводским расчетам.

Экспериментальные же замеры усилия на рукоятке привода показали, что среднее значение (по пяти замерам) для рассмотренного положения механизма составляет 200 Н, что в 1,5 раза больше полученных нами значений.

Такое расхождение расчетных и экспериментальных данных вызвано, прежде всего, малыми значениями коэффициентов трения, принятыми для нормального (установившегося) движения механизма. Тогда, как известно, что коэффициенты трения покоя (при страгивании) значительно больше. Кроме того, в реальном механизме, из-за податливости опор рычагов, имеет место и заклинивание подшипников качения установленных в опорах механизма.

Проблемы безопасности и экологии в деревообработке

Алексеева Л.В., Шатохин А.А.
(АГТУ, г. Архангельск) niloga@yandex.ru

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ МАЛОГО ЛЕСОПИЛЕНИЯ SAFETY ASSESSMENT IN SMALL-SIZED SAWMILLS

В современной России, при значительном снижении объемов производства пиломатериалов, прослеживается тенденция роста количества малых предприятий, организаций и индивидуальных предпринимателей, занимающихся выпуском пиломатериалов.

Так, например, по данным территориального органа государственной статистики Архангельской области на территории региона на 2009 год было зарегистрировано более 190 малых лесопильных предприятий, объем выпускаемой продукции которых составил около 500 тысяч кубометров пиломатериалов.

Анализ размещения предприятий малого лесопиления региона показал, что в большинстве случаев они располагаются в построенных ранее здания и сооружениях: животноводческих фермах, складах, механических мастерских, гаражах и т.п. Тем самым предприниматели без существенных единовременных затрат решают проблемы производственной инфраструктуры – системы энергоснабжения, транспортных коммуникаций и площадок для хранения сырья и готовой продукции. Однако при значительной экономии средств не всегда обеспечивается необходимый уровень безопасности производств и, в первую очередь – пожарной безопасности.

Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» не распространяется на существующие здания, сооружения и строения, запроектированные и построенные в соответствии с ранее действовавшими требованиями пожарной безопасности [1]. Однако положения настоящего Федерального закона об обеспечении пожарной безопасности обязательны для исполнения при реконструкции, техническом перевооружении и изменении функционального назначения объектов защиты. В таких случаях, в целях исключения факторов, способствующих возникновению пожаров, собственник объекта должен принять меры по приведению системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты в соответствие с требованиями настоящего Федерального закона.

Для объективной оценки и квалифицированного представления факторов, оказывающих непосредственное влияние на пожарную безопасность и устойчивость малых лесопильных предприятий к возникновению пожаров, в первую очередь необходимо обратиться к данным статистики и опыту расследования пожаров на объектах данной категории.

Статистические данные и опыт расследования пожаров позволяют провести анализ не только технических и организационных причин, вызвавших пожар, но и проследить тенденцию изменения отдельных показателей и определить первоочередные меры по пожарной профилактике объектов защиты. Кроме этого, разработанные и реализуе-

мые методы анализа, позволяют установить причинно-следственные связи между отдельными явлениями, приводящими при определенных условиях к пожароопасной ситуации или к пожару, а также разработать критерии безопасной организации производств.

По данным ГУ МЧС России по Архангельской области, в период с 2003 по 2009 год на предприятиях лесного комплекса региона произошло 626 пожаров, из которых около 30 % приходится на объекты малого лесопиления.

Из анализа статистических данных следует, что пожары, возникшие вследствие неисправности производственного оборудования, происходили в несколько раз реже, чем вследствие неосторожного обращения с огнем, то есть по причине так называемого «человеческого фактора». Связи с этим разработка мер пожарной безопасности на объектах лесопиления должна быть направлена на профилактику пожаров, возникающих от действий или бездействий человека, в первую очередь на профилактику пожаров непосредственно на рабочих местах, где по отдельным оценкам возникает до 90 % возгораний.

Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» предписывает проводить разработку мер пожарной безопасности в соответствии с законодательством Российской Федерации, нормативными документами по пожарной безопасности, а также на основе опыта борьбы с пожарами, оценки пожарной опасности веществ, материалов, технологических процессов, изделий, конструкций, зданий и сооружений [3].

В соответствии с указанным законом, на каждом вновь создаваемом объекте малого лесопиления должен быть разработан комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей и максимальное сокращения ущерба, а также на создание условий для успешной борьбы с пожарами (на предотвращение пожара и противопожарную защиту).

Согласно Федерального закона от 8 августа 2001 г. № 128-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности», организация и деятельность малых лесопильных производств не входит в перечень видов деятельности, на осуществление которых требуются лицензии [3]. В связи с тем соблюдение норм пожарной безопасности должно быть в полной мере обеспечено владельцами предприятий.

Безопасная организация производства, с точки зрения обеспечения безопасного функционирования объектов и недопущения травмирования и гибели людей, должна закладываться организаторами и владельцами предприятий на стадии проектирования. Для достижения данной цели, кроме вопросов пожарной безопасности, должны решаться вопросы техники безопасности, санитарно-гигиенического обеспечения и т.п. В проекте реконструкции в необходимом объеме должны быть учтены все аспекты пассивной и активной противопожарной защиты производства.

Осуществление комплекса противопожарных мероприятий включает в себя два основных этапа, во-первых, это проведение мероприятий технического характера, во-вторых, – организационных мероприятий. Схематически план мероприятий представлен на рисунке, приведенном ниже.

1. Технические (организационно-технические) мероприятия.

1.1. Общий план реконструкции.

План реконструкции должен составляться в соответствии с действующей нормативно-технической базой. В плане должна содержаться текстовая и графическая части, для каждой из которых существуют конкретные требования к содержанию, установленные Постановлением Правительства России № 87 от 16.02.2008 г. Определяющие документы: Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [4], Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», своды правил (СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы», СП 2.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты», СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности», СП 4.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям», СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования», СП 6.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности» приказ, СП 7.13130.2009 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования», СП 8.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности», СП 9.13130.2009 «Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации», СП 10.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности», СП 11.13130.2009 «Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения», СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»), ППБ 01-03 «Правила пожарной безопасности в Российской Федерации».

При составлении плана реконструкции и выбора мест размещения объектов производства, площадок для хранения сырья и готовой продукции необходимо соблюдать установленные противопожарные разрывы, обеспечивающие безопасность объекта. При этом план объекта может быть выполнен схематически с указанием его составных частей и расстояний между ними. На плане должны быть определены проезды и подъезды для пожарной техники.

Реконструкция построенных ранее зданий и сооружений под новое производство на первоначальном этапе требует проведения детального осмотра и исследования всех несущих и ограждающих конструкций (стен, потолков и полов) с целью установления объемно-планировочных решений, степени огнестойкости, класса конструктивной пожарной опасности, а также соответствия объекта нормам противопожарного проектирования. При необходимости нужно выполнить работы по повышению пределов огнестойкости строительных конструкций зданий и сооружений в целом или отдельных их участков и зон. В этом случае возможна обработка элементов и конструкций зданий огнезащитными составами, замена некоторых сгораемых элементов на негораемые, сооружение дополнительных противопожарных преград и т.п.

1.2. Энергообеспечение объекта.

При составлении проекта реконструкции объекта необходимо: во-первых, выполнить осмотр и освидетельствование существующих энергокоммуникаций и элемен-

тов электроснабжения; во-вторых, уяснить наличие нужного уровня напряжения местных электросетей; в-третьих, установить возможность получения необходимой мощности; в-четвертых, выполнить расчеты предполагаемых токовых нагрузок производства с последующим установлением используемых электрокабелей, проводов и аппаратов защиты. При этом должна быть составлена однолинейная схема электроснабжения производства, с указанием типа коммутационных устройств, аппаратов защиты и всех электропотребителей. Это выполняется при получении технических условий (ТУ) в энергоснабжающей организации. Прокладка и установка монтируемых вновь электрокабелей и проводов, а также всего другого электрооборудования должна осуществляться строго в соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) и правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП).

1.3. Установка производственного оборудования.

Пожарная опасность любого производственного оборудования заключается в возможности образования им каких-либо источников зажигания. Риск возникновения пожароопасных процессов в оборудовании объектов лесопиления достаточно высок, что в первую очередь связано с особенностями технологического процесса, а именно образованием в большом количестве различных горючих отходов (опилок, древесной пыли и стружки). Попадание древесной пыли на двигатели станков вызывает их повышенный нагрев, выделяющееся при этом тепло способно воспламенить сгораемые материалы, а при аварийных процессах электрической природы вызвать горение изоляции обмоток.

При решении вопросов обеспечения безопасной эксплуатации производственного оборудования в первую очередь необходимо производить его монтаж в соответствии с действующей технической документацией. В процессе эксплуатации выполнять требования инструкций заводов-изготовителей, своевременно производить очистку оборудования от отходов лесопиления, а также осуществлять планово-предупредительные ремонты.

1.4. Устройство бытовых помещений.

Согласно статистическим данным, бытовые помещения лесопильных предприятий находится на втором месте по количеству происходящих пожаров, после объектов основного производства.

Пожары в бытовках в значительной части случаев возникают от приборов печного отопления и различного рода электрообогревателей. Анализ экспертной практики по расследованию пожаров, происшедших от печей, показал, что основными причинами их были: неправильный монтаж их конструктивных элементов (в том числе дымоходов), перегрев приборов и наличие в их конструкциях и элементах повреждений. Причинами пожаров, возникших от электрообогревателей, являлись в основном нарушения правил монтажа и эксплуатации электрооборудования.

Для предотвращения пожаров в бытовых помещениях по данной причине необходимо, во-первых, использовать промышленно изготовленные отопительные приборы, во-вторых, осуществлять их монтаж и эксплуатацию в соответствии с требованиями Правил пожарной безопасности (ППБ). Для предотвращения распространения пожара за пределы бытовых помещений их необходимо выполнить из негорючих материалов.

1.5. Обеспечение безопасности транспорта.

Анализ причин пожаров в автотранспортных средствах показал, что основными являются: возгорания в результате аварийных процессов в бортовой электросети (короткое замыкание, токовая перегрузка), возгорание горючих отложений на конструктивных элементах двигателя и возгорания в результате аварийной утечки из систем двигателя, содержащих легковоспламеняющиеся или горючие жидкости. Часть пожаров возникает по причине человеческого фактора.

Основными мероприятиями по профилактике пожаров при эксплуатации автотранспорта является содержание их в исправном техническом состоянии: своевременное прохождение технических осмотров; постоянный контроль за наличием в электросети предохранителей необходимой конструкции и номинала, отсутствием подтеканий в системах, содержащих легковоспламеняющиеся или горючие жидкости. Не допускать отогревание двигателей открытым пламенем, а также соблюдать меры пожарной безопасности при проведении сварочных работ.

2. Организационные мероприятия.

Неотъемлемой частью профилактической работы по предупреждению пожаров, учитывающей специфику конкретного производства, является установление на предприятии противопожарного режима. В организации должны быть разработаны инструкции о мерах пожарной безопасности. Все работники организации должны допускаться к работе только после прохождения противопожарного инструктажа, а при изменении специфики работы должны проходить дополнительное обучение по предупреждению и тушению возможных пожаров в порядке, установленном руководителем. Приказом руководителя должны быть назначены лица, которые по занимаемой должности или по характеру выполняемых работ в силу действующих нормативных правовых актов и иных актов должны выполнять соответствующие правила пожарной безопасности, либо обеспечивать их соблюдение на определенных участках. В организации распорядительным документом должен быть установлен соответствующий пожарной опасности противопожарный режим, в том числе: определены и оборудованы места для курения; определены места и допустимое количество одновременно находящихся в помещениях сырья, полуфабрикатов и готовой продукции; установлен порядок уборки горючих отходов и пыли, хранения промасленной спецодежды; определен порядок обесточивания электрооборудования в случае пожара и по окончании рабочего дня; регламентированы: порядок проведения временных огневых и других пожароопасных работ; порядок осмотра и закрытия помещений после окончания работы; действия работников при обнаружении пожара; определен порядок и сроки прохождения противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму, а также назначены ответственные за их проведение.

В здании должны быть разработаны и на видных местах вывешены планы (схемы) эвакуации людей в случае пожара, а также предусмотрена система (установка) оповещения людей о пожаре. В дополнение к схематическим планам эвакуации людей при пожаре должна быть разработана инструкция, определяющая действия персонала по обеспечению безопасной и быстрой эвакуации людей, по которой не реже одного раза в полугодие проводятся практические тренировки всех задействованных для эвакуации работников. На случай отключения электроэнергии у обслуживающего персонала должны быть электрические фонари.

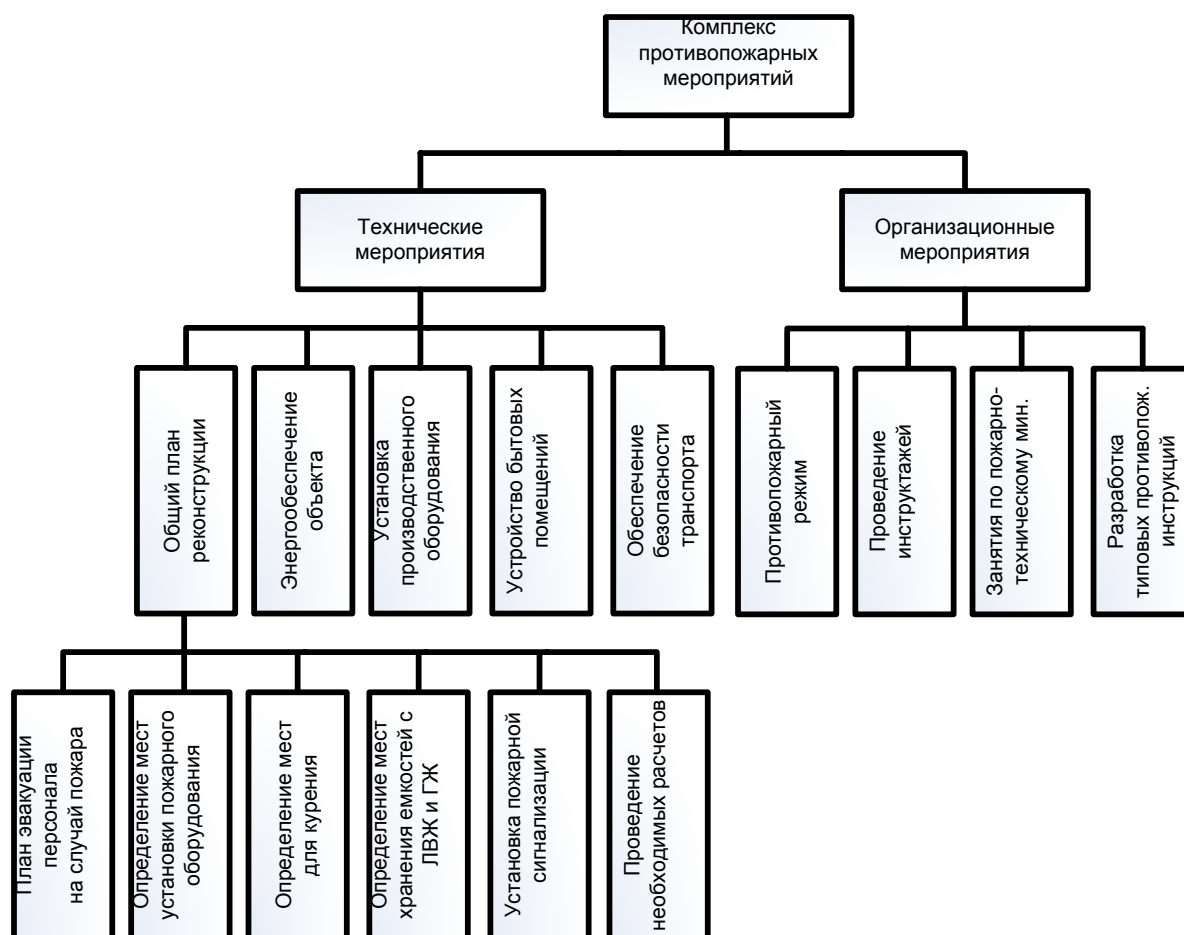


Рисунок – Комплекс противопожарных мероприятий при организации малого лесопильного предприятия

В здании должно быть запрещено: снимать предусмотренные проектом двери эвакуационных выходов из поэтажных коридоров и лестничных клеток, другие двери, препятствующие распространению опасных факторов пожара на путях эвакуации; производить изменения объемно-планировочных решений, в результате которых ухудшаются условия безопасной эвакуации людей, ограничивается доступ к огнетушителям, пожарным кранам и другим средствам пожарной безопасности или уменьшается зона действия автоматических систем противопожарной защиты (автоматической пожарной сигнализации, системы оповещения и управления эвакуацией, автоматической системы пожаротушения); проводить уборку помещений и стирку одежды с применением бензина, керосина и других ЛВЖ и ГЖ, а также производить отогревание замерзших труб паяльными лампами и другими способами с применением открытого огня; оставлять неубранным промасленный обтирочный материал; устанавливать глухие решетки на окнах. Двери помещений, в которых по условиям технологии не требуется постоянного пребывания людей, должны быть закрыты на замок.

При эксплуатации эвакуационных путей и выходов должно быть обеспечено соблюдение проектных решений и требований нормативных документов по пожарной безопасности (в том числе по освещенности, количеству, размерам и объемно-планировочным решениям эвакуационных путей и выходов, а также по наличию на путях эвакуации знаков пожарной безопасности).

Эвакуационные выходы, при нахождении людей в здании, должны закрываются на запоры, обеспечивающие людям, находящимся внутри здания, возможность их сво-

бодного открывания изнутри без ключа. Двери эвакуационных выходов должны открываться свободно по направлению эвакуации людей.

Противопожарные системы и установки (средства пожарной автоматики, системы противопожарного водоснабжения) помещений, здания постоянно должны содержаться в исправном рабочем состоянии. Регламентные работы по техническому обслуживанию и планово-предупредительному ремонту автоматических установок пожарной сигнализации, систем пожаротушения, систем оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией осуществляться в соответствии с годовым планом-графиком, составленным с учетом технической документации заводов-изготовителей, и сроками проведения ремонтных работ [5].

Помимо этого должен быть проведен расчет пожарных рисков угрозы жизни и здоровью людей, а также уничтожения имущества. Расчеты по оценке пожарного риска проводятся путем сопоставления расчетных величин пожарного риска с соответствующими нормативными значениями пожарных рисков, установленными [1]. При выполнении обязательных требований пожарной безопасности, установленных техническими регламентами, и выполнении в добровольном порядке требований нормативных документов по пожарной безопасности, расчет пожарных рисков не требуется.

Совокупность всего предлагаемого комплекса противопожарных мероприятий позволит повысить пассивную и активную защиту любого образованного вновь малого лесопильного предприятия, организовать его устойчивую и безопасную работу и значительно снизить риск возникновения пожароопасных ситуаций.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
3. Федеральный закон от 8 августа 2001 г. № 128-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности».
4. Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании».
5. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации ППБ 01-03 с комментариями/О.М. Волков. – Ростов н/Д.: Феникс, 2005. – 304 с. – (Техника безопасности).

**Колташева А.В., Первова И.Г., Маслакова Т.И.,
Скорых Т.В., Липунов И.Н. (УГЛТУ, Екатеринбург, РФ)**

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ТЕСТ-СИСТЕМЫ В ПРАКТИКЕ АНАЛИЗА ЭКОТОКСИКАНТОВ В ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТАХ ANALYTICAL TEST-SYSTEMS IN ANALYZING ECOTOXIC AGENTS IN NATURE

В настоящее время безинструментальные методы аналитической химии (тест-методы или экспресс-методы) находят все большее применение при анализе структур-

ных компонентов природных биогеоценозов, главным образом, водоемов, почвенных и растительных вытяжек, а также промышленных объектов. Потребность в тест-средствах весьма значительна. В основе тест-определения экотокси-кантов лежат чувствительные и селективные химические реакции, и результат анализа может быть получен либо визуально, либо путем простейших измерений (длина окрашенной зоны, число капель), либо с использованием миниприборов, также весьма простых в обращении. Применение комбинированных аналитических методов, сочетающих сорбционное концентрирование и последующее определение в твердой фазе с помощью органических реагентов, оказывается очень эффективным: снижается предел обнаружения, устраняется и значительно уменьшается влияние макрокомпонентов, что повышает точность анализа.

В работе проведено систематическое и полипараметрическое исследование химико-аналитических характеристик бензоксазол-, бензтиазол-, бензилбензимидазолформазанов с ионами Cu(II), Ni(II), Zn(II), Cd(II), Hg(II), Zr(III), Pb(II), позволившее установить избирательные комплексообразующие свойства функционально-аналитических группировок формазанов в растворе и на твердой фазе силикагеля ДИАСОРБ-100-ТА, ДИАСОРБ-250-АМИН, полиметакрилатной, льняной, бязевой, фланелевой матриц.

Примененные нами подходы для создания аналитических систем «реагент-матрица» с использованием разных форматных аранжировок (твердофазная спектроскопия и визуальное детектирование) и процедурных приемов позволили разработать привлекательные с позиции чувствительности, избирательности, оперативности и надежности твердофазно-спектроскопические и тест-методики для определения ионов Cd(II) и Pb(II) с помощью 1-(*n*-бромфенил)-3-фенил-5-(бензоксазол-2-ил)- (БФФ) и 1-енил-3-изопропил-5-(бензилбензимидазол-2-ил) формазана (ФИФ) на природной матрице бязи (таблица). Определению ионов кадмия(II) не мешают массовые концентрации Co(II), Ni(II), Sc(III), Zn(II) в соотношении 5:1; определению свинца(II) - массовые концентрации Zn(II), Ni(II), Co(II), Cd(II), Cu(II) в соотношении 5:1.

Установлена принципиальная возможность определения ионов Cu(II) и Zn(II) модифицированной 1-(2-гидрокси-4-нитрофенил)-3-этил-5-(бензилбензимидазол-2-ил)формазаном (ГНФ) полиметакрилатной матрицей.

Получены хромогенные системы на основе бязи для определения ионов Hg(II), Zr(III) методом их предварительного извлечения из водных растворов с последующим «проявлением» 1-(4-бромфенил)-3-этил-5- (бензилбензимидазол-2-ил) формазаном (БФЭФ).

PrO – предел обнаружения; TCO – твердофазно-спектроскопическое определение, TO – тест-определение по интенсивности окраски реакционной зоны матрицы.

На основании проведенных исследований разработаны и запатентованы методики твердофазно-спектроскопического и тест-определения ионов Ni(II) и Cd(II) иммобилизованными на силикагеле 1-(4-сульфо-фенил)-3-метил-5-(бензоксазол-2-ил)- (БОФ) и 1-(2-гидрокси-5-сульфо-фенил)-3-метил-5-(бензтиазол-2-ил)формазанами (2-ОН-БТФ), соответственно [1, 2].

Характеристика разработанных тест-систем (n=3-5;P=0.95)

Определяемый ион	Реагент/матрица	Диапазон определяемых содержаний / ПрО, мг/л	Время анализа, мин	Способ детектирования
Cd(II)	БФФ / бязь	0,03-1,00 / 0,007	15	ТСО
		0,03-1,00 / 0,015	10	ТО
Pb(II)	ФИФ / бязь	0,03-1,00 / 0,091	15	ТСО
		0,03-1,00 / 0,015	10	ТО
Cu(II)	ГНФ / поли- метакрилатная	≥40-100	20	ТО
Zn(II)		≥40-100	20	ТО
Hg(II)	БФЭФ/ бязь	0,1 – 1 / 0,05	10	ТО
Zr(III)		0,1 – 1 / 0,05	10	ТО
Ni(II)	БОФ/силикагель	30-100 / 0,5	1	ТО
Cd(II)	2-ОН- БТФ/силикагель	0.3-1 / 0.005	15	ТО
Cd(II)	2-ОН-БОФ/ ПОЛИОРГС-34н	0,1-1/0,01	10	ТО

Для определения ионов Ni(II) индикаторный порошок, модифицированный реагентом БОФ, вносят в пробу, перемешивают в течение 3 минут и определяют концентрацию по интенсивности окраски сорбента, используя цветовую шкалу. Определению ионов Ni(II) не мешает присутствие Co(II), Pb(II), ионы щелочных и щелочно-земельных металлов в соотношении 1:5.

В случае определения содержания Cd(II) реализован вариант индикаторной трубки, позволяющий повысить чувствительность аналитического эффекта. Определение металла проводят по интенсивности окраски реакционной зоны индикаторного сорбента, содержащего 2-ОН-БТФ, после пропускания через него анализируемого раствора. Продолжительность анализа составляет не более 15 минут. Определению Cd(II) не мешают ионы Co(II), Ni(II), Sc(III), Yb(III) в соотношении 1:10.

При использовании в качестве твердой фазы волокна ПОЛИОРГС-34н удалось добиться повышения чувствительности определения за счет предварительного концентрирования продуктов реакции в фазе сорбента с последующей «проявкой» раствором реагента. Так, разработана и аттестована в НИИ метрологии (г. Екатеринбург, свидетельство № 224.01.17.042/2008) методика тест-определения ионов Cd(II) на волокне ПОЛИОРГС-34н с последующим проявлением сорбируемых ионов раствором 1-(2-гидрокси-5-нитрофенил)-3-изопропил-5-(бензоксазол-2-ил)формазана (2-ОН-БОФ).

Процесс создания модифицированных сорбентов не отягощен рядом технологических сложностей, что позволяет его легко масштабировать в условиях реального производства. Представленные методики определения ионов металлов позволяют обойти вопросы, связанные с трудоемкостью и длительностью проведения анализа. Такое качество, как простота исполнения анализа, освобождает от необходимости подготовки квалифицированных специалистов.

Таким образом, тест-системы могут стать незаменимыми при контроле объектов окружающей среды и определении важнейших нормируемых компонентов в воде, растительных и почвенных вытяжках (прежде всего в полевых условиях); при контроле за качеством пищи, в том числе питьевой воды и напитков; в критических ситуациях, ко-

гда нужно быстро определить состав воды и биологических объектов (растительности) после промышленной катастрофы или природного катаклизма.

Библиографический список

1. Индикатор для определения ионов никеля(II) в растворе: пат. 2368896 Рос. Федерация. №2008118016/04, заявл. 05.05.2008; опубл. 27.09.2009, Бюл. № 27.
2. Индикатор для определения ионов кадмия (II) в растворе: пат. 2368897 Рос. Федерация. №2008118017/04, заявл. 05.05.2008; опубл. 27.09.2009, Бюл. № 27.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 080313512 офи-ц.

Пугачева И. Н.,¹ Никулин С.С.,¹ Дмитренко А.И.²

¹(ВГТА, г. Воронеж, РФ) eco-inna@yandex.ru

²(ВГЛТА, г. Воронеж, РФ) chem@vglta.vrn.ru

**ПЕРЕРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ
ЭМУЛЬСИОННЫХ КАУЧУКОВ
RECYCLING AND REUSING CELLULOSIC CONTAINING WASTE IN
EMULSION RUBBER PRODUCTION**

Решение проблемы переработки и использования отходов неразрывно связано с защитой окружающей среды от загрязнения, комплексным использованием сырья и материалов.

В последнее время сохраняется повышенный интерес к применению в резинотехнических изделиях в качестве наполнителей волокон различного происхождения. Волокнистые наполнители имеют широкую, разноплановую сырьевую базу, являющуюся практически безграничной. В отличие от обычных наполнителей волокна, являющиеся анизотропными частицами, способны ориентироваться в эластомерных материалах. Благодаря этому открывается возможность направлено регулировать технические свойства резин [1].

В опубликованных в центральной печати работах показано, что волокнистые наполнители находят применение в композиционных составах широкого назначения. Особое внимание при этом уделяется использованию волокнистых наполнителей в полимерных композитах. Одним из таких направлений их использования – производство резинотехнических изделий. Ввод волокнистых наполнителей осуществлялся на вальцах в процессе приготовления резиновых смесей. Данный способ ввода не позволяет достичь равномерного распределения волокнистого наполнителя в объеме резиновой смеси, что в дальнейшем негативно влияет на свойства получаемых вулканизатов. Достичь равномерного распределения волокнистого наполнителя в объеме полимерной матрицы возможно за счет изменения способа его ввода. Так, введение волокнистого наполнителя в латекс бутадиен-стирольного каучука перед подачей на коагуляцию позволяет достичь равномерного распределения волокна в получаемой каучуковой крошке, что приводит к повышению таких показателей вулканизатов как устойчивость к

термоокислительному воздействию, многократным деформациям и др. [2,3]. Однако такой способ не позволяет ввести каучук более 1% мас. на каучук волокнистого наполнителя, так как водная дисперсия волокна в подкисляющем агенте теряет свою подвижность.

В последние годы начинается проявляться интерес к использованию в композиционных составах порошковых наполнителей, полученных из природных полимеров, к которым относится целлюлоза – основной компонент древесины. Содержание целлюлозы в древесине изменяется в зависимости от породы древесины от 31 до 51,9% [4,5].

Целлюлоза как природный полимер обладает рядом ценных для практического применения свойств: хорошо поглощает влагу, имеет высокие механические показатели, химическую стойкость и др. Однако целлюлозе присущи и определенные недостатки, ограничивающие ее применение. К таким недостаткам относятся [4] горючесть, низкая устойчивость к действию микроорганизмов, малая устойчивость к атмосферным воздействиям.

Для устранения свойственных природной целлюлозе недостатков и придания новых ценных свойств ее подвергают модификации двумя методами: изменением надмолекулярной структуры (структурная модификация) и с помощью разнообразных химических превращений (химическая модификация). Отмечено [4], что структурная модификация, улучшая механические свойства целлюлозных волокон, не позволяет придать им новые свойства. Это может быть достигнуто только химической модификацией. При химической модификации используют реакции этерификации целлюлозы с получением сложных и простых эфиров, введение в элементарные звенья новых функциональных групп, реакции сшивания цепей, получение привитых сополимеров. Модифицированное хлопковое волокно приобретает [4] повышенные термостойкость, химическую стойкость и устойчивость к действию микроорганизмов. Прививка к целлюлозным материалам синтетических полимеров улучшает такие свойства, как прочность на разрыв, устойчивость к действию кислот, устойчивость к истиранию, окрашиваемость, адгезионные свойства и др. [4].

В связи с этим, представляло интерес получение и разработка способов ввода порошкообразных наполнителей на основе целлюлозы в бутадиен-стирольный каучук марки СКС-30АРК на стадии его производства с оценкой их влияния на процесс коагуляции.

Для получения порошкообразного наполнителя на основе целлюлозы использовали хлопковое волокно. Перевод хлопкового волокна в порошкообразное состояние сопровождается следующими операциями. На первом этапе волокна измельчали до размера 1-2 см. В дальнейшем измельченные волокна загружали в реактор и при перемешивании обрабатывали горячим раствором серной кислотой. Образовавшуюся кашеобразную массу (волокна + раствор серной кислоты) фильтровали. Полученный порошкообразный наполнитель высушивали, после чего порошкообразную массу дополнительно измельчали до более мелкодисперсного состояния.

Получаемый таким образом порошкообразный наполнитель может содержать остатки серной кислоты. Однако этот недостаток превращается в преимущество в случае использования данного порошкообразного наполнителя в производстве эмульсионных каучуков, где осуществляется подкисление системы на завершающей стадии выделения каучука из латекса. Введение подкисленного порошкообразного наполнителя

должно снизить расход серной кислоты и стабилизировать процесс коагуляции. Кроме того, использование серной кислоты при получении порошкообразного наполнителя из хлопкового волокна будет приводить и к образованию кислых эфиров целлюлозы. Процесс образования сложных эфиров целлюлозы с серной кислотой сопровождается значительным расщеплением целлюлозы по месту глюкозных кислородных мостиков. Под действием воды происходит гидролиз сульфатов с образованием свободной кислоты и целлюлозы. Появляющийся дополнительно подкисляющий агент положительно сказывается на процессе коагуляции. Отмывка порошкообразного наполнителя от серной кислоты и гидролиз эфиров позволяет провести наполнение каучука очищенной целлюлозой. Протекание вышеприведенного процесса при получении наполненных эмульсионных каучуков является достаточно вероятным, так как образующаяся каучуковая крошка подвергается тщательной промывке перед подачей на обезвоживание.

Для выяснения данного факта проводили эксперимент следующим образом. Полученный порошкообразный наполнитель на основе целлюлозы вводили на разных стадиях процесса выделения каучука из латекса. Содержание порошка выдерживали 5-50% мас. на каучук.

Анализ экспериментальных данных показал, что увеличение содержания порошкообразного наполнителя приводит к снижению расхода серной кислоты. Высокие расходы порошкообразного наполнителя на основе целлюлозы практически полностью позволяют исключить из процесса выделения серную кислоту. Важным фактором с технологической точки зрения является подбор способа ввода порошкообразного наполнителя на основе целлюлозы в латекс бутадиен-стирольного каучука.

Порошкообразный наполнитель на основе целлюлозы вводили следующими способами:

1) В латекс в сухом виде. Просчитав массу порошкообразного наполнителя оставшегося в серуме (водной фазе) выяснили, что в полученный коагулум не вошло 15-20% наполнителя.

2) В латекс с коагулирующим агентом (24% мас. раствором хлорида натрия). Количество порошкообразного наполнителя, не вошедшего в коагулум, составляет 5-10%.

3) В латекс с подкисляющим агентом (2% мас. раствором серной кислоты). Количество порошкообразного наполнителя, не вошедшего в коагулум, составляет 30-35% от вводимого наполнителя.

4) В латекс с серумом. При добавлении порошкообразного наполнителя в латекс с серумом полнота коагуляция достигается без добавления подкисляющего агента. Количество порошкообразного наполнителя, не вошедшего в коагулум, составляет 25-30%.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что ввод порошкообразного наполнителя на основе целлюлозы целесообразен с коагулирующим агентом, а при его дозировке более 7% мас. на каучук позволяет исключить серную кислоту из процесса выделения каучука из латекса.

В дальнейшем на основе полученных образцов каучука СКС-30 АРК, содержащего порошкообразный наполнитель на основе целлюлозы, были приготовлены резиновые смеси и исследованы их физико-механические свойства. Резиновые смеси готовили согласно общепринятой технологии по рецепту стандартной резиновой смеси бу-

тадиен-стирольного каучука. Дозировку наполнителя варьировали 5; 15; 25; 35; 50% мас. на каучук.

Анализ полученных данных показал, что при увеличении дозировки порошкообразного наполнителя на основе целлюлозы наблюдается закономерное снижение удельной прочности при растяжении, однако даже при дозировке 15-20% мас. каучук сохраняет уровень прочности 16-19 МПа. При этом вязкость композиции составляет 63-68 ед. Муни и технологические свойства резиновых смесей сохраняются без изменений. Однако из-за кислого характера порошкообразного наполнителя на основе целлюлозы при увеличении дозировки снижается скорость вулканизации и увеличивается время достижения оптимума вулканизации, что требует корректировки состава резин по содержанию серы и ускорителей.

Таким образом, применение порошкообразного наполнителя на основе целлюлозы в процессе коагуляции может позволить снизить количество подкисляющего агента, достичь равномерного распределения наполнителя в получаемой крошке каучука и получать полимерные композиты с заданным комплексом свойств.

Библиографический список

1. Никулин, С. С. Волокнистые наполнители в резинотехнических композициях [Текст] / С. С. Никулин, И. Н. Акатова, Г. Т. Щербань. – Воронеж: ВГЛТА, 2002. – 63 с.
2. Никулин, С. С. Наполнение эмульсионных каучуков хлопковым волокном на стадии латекса [Текст] / С. С. Никулин, И. Н. Акатова // Химическая промышленность. – С.-Пб., 2003. – т. 80. – № 9. – С. 7-13.
3. Никулин, С. С. Перспективное направление утилизации отходов волокнистых материалов [Текст] / С. С. Никулин, И. Н. Пугачева, В. М. Мисин, В. А. Седых // Экология и промышленность России. – 2006. – № 7. – С. 4 -7.
4. Никитин, В.М. Химия древесины и целлюлозы [Текст] / В.М. Никитин, А.В. Оболенская, В.П. Щеголев – М. : Лесная промышленность, 1978. – 368 с.
5. Азаров, В.И. Химия древесины и синтетических полимеров [Текст] : учеб. для вузов / В.И. Азаров, А.В. Буров, А.В. Оболенская – С.-Пб.: СПбЛТА, 1999. – 628 с.

Старжинский В.Н., Зинин А.В.
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

ШУМОВОЙ РЕЖИМ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦБП **MANAGEMENT OF NOISE RISKS IN PULP AND PAPER INDUSTRIES**

Безопасность труда на производстве определяется, в первую очередь, условиями труда. В Российской Федерации сохранились тенденция роста численности работников, занятых в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам. Удельный вес таких работников увеличился с 18,8% в 2001 году до 22,2% в 2005 году от общей численности занятых во всех видах экономической деятельности. В стране практически больше, чем каждый пятый работник трудится в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам, а в таком виде экономической деятельности как промышленность, доля такой категории работающих составляет одну треть и более [1].

Среди работников, занятых в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам, наибольшую долю составляют работающие под воздействием повышенного уровня шума, ультразвука и инфразвука. В 2005 году удельный вес таких работников составил 11,5%. Доля работников, работающих под воздействием повышенного уровня шума, ультразвука и инфразвука, была наиболее высокой в среднем по промышленности – 13,5%. Это касается и предприятий ЦБП.

Исходя из степени отклонения фактических уровней звука от гигиенических нормативов, условия труда по степени вредности условно подразделяются на 4 класса: оптимальные, допустимые, вредные и опасные (табл. 1) [2].

Таблица 1 – Классы условий труда в зависимости от уровней шума

Название фактора, показатель, единица измерения	Класс условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
	Превышение ПДУ до ... дБ/раз (включительно)					
Шум, эквивалентный уровень звука, дБА	≤ПДУ	5	15	25	35	>35

Оптимальные условия труда (1 класс) – условия, при которых сохраняется здоровье работника и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности. Оптимальные нормативы факторов рабочей среды установлены для микроклиматических параметров и факторов трудовой нагрузки. Для других факторов за оптимальные условно принимают такие условия труда, при которых вредные факторы отсутствуют либо не превышают уровни, принятые в качестве безопасных для населения.

Допустимые условия труда (2 класс) характеризуется такими уровнями факторов среды и трудового процесса, которые не превышают установленных гигиенических нормативов для рабочих мест, а возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены и не оказывают неблагоприятного действия в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работников и их потомство. Допустимые условия труда относят к безопасным.

Вредные условия (3 класс) характеризуется наличием вредных факторов, уровни которых превышают гигиенические нормативы и оказывают неблагоприятное действие на организм работника и/или его потомство.

Вредные условия труда по степени превышения гигиенических нормативов и выраженности изменений в организме работников условно разделяют на 4 степени вредности:

1 степень 3 класса (3.1) – условия труда характеризуются такими отклонениями уровней вредных факторов от гигиенических нормативов, которые вызывают функциональные изменения, восстанавливающиеся, как правило, при более длительном (чем к началу следующей смены) пребывании контакта с вредными факторами и увеличивают риск повреждения здоровья;

2 степень 3 класса (3.2) – уровни вредных факторов, вызывающие стойкие функциональные изменения, приводящие в большинстве случаев к увеличению профессионально обусловленной заболеваемости (что может проявляться повышением уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности и, в первую очередь, теми болезнями, которые отражают состояние наиболее уязвимых для данных факторов органов и систем), появлению начальных признаков или легких форм профессиональных заболеваний (без потери профессиональной трудоспособности), возникающих после продолжительной экспозиции (часто после 15 и более лет);

3 степень 3 класса (3.3) – условия труда, характеризующиеся такими уровнями факторов рабочей среды, воздействие которых приводит к развитию, как правило, профессиональных болезней легкой и средней степеней тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности) в периоде трудовой деятельности, росту хронической (профессионально обусловленной) патологии;

4 степень 3 класса (3.4) – условия труда, при которых могут возникать тяжелые формы профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности), отмечается значительный рост числа хронических заболеваний и высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

Опасные (экстремальные) условия труда (4 класс) характеризуются уровнями факторов рабочей среды, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск развития острых профессиональных поражений, в т.ч. и тяжелых форм.

Анализ шумового режима, проведенный на целом ряде предприятий отрасли показывает, что практически на всех производствах имеются рабочие места, где уровни звукового давления превышают регламентируемые ГОСТ 12.1.003-83 [3].

В табл. 2 приведены данные по шумоопасным профессиям и производственным участкам ЦБП с определением класса условий труда по превышениям предельно допустимых уровней в соответствии с [2].

Таблица 2 – Перечень шумоопасных рабочих зон (профессий) предприятий ЦБП

№ пп	Профессия	Производство	Максимальное превышение уровней звука по ГОСТ 12.1.003-89, дБА	Класс условий труда
Древесно-подготовительное производство				
1	Окорщик	Обслуживание окорочных барабанов	> 25	3.3
2	Машинист рубительной машины	Обслуживание рубительных машин и сортировок щепы	> 35	3.4
3	Оператор слешерной установки	Обслуживание слешерной установки	> 25	3.3
Древесно-массное производство				
1	Дефибраторщик-рафинаторщик	Обслуживание дефибраторов, рафинаторов, молотковых мельниц	> 15	3.2
2	Дефибрерщик	Обслуживание дефибреров	До 5	3.1

№ пп	Профессия	Производство	Максимальное превышение уровней звука по ГОСТ 12.1.003-89, дБА	Класс условий труда
3	Кислотчик	Кислотное и содорегенерационное производство	> 5	3.1
Целлюлозное производство				
1	Варщик, бункеровщик	Обслуживание сульфатно-варочных котлов	> 5	3.2
2	Варщик, диффузовщик-размольщик	Обслуживание установок непрерывной варки типа «Камюр», «Пандия»	> 5	3.2
3	Отбельщик, очистник	Обслуживание отбельных аппаратов	> 5	3.2
4	Машинист пресспата, прессовщик пресспата	Обслуживание пресспатов	> 5	3.2
5	Клеевар	-	2...3	3.1
Бумажное производство				
1	Размольщик	Обслуживание размольной аппаратуры	> 15	3.2
2	Машинист бумагоделательной машины, прессовщик	Обслуживание бумагоделательной машины	> 5	3.2
3	Сушильщик бумаги	Обслуживание бумагоделательной машины	> 5	3.2
4	Накатчик буммашины	Обслуживание буммашины	> 5	3.2
5	Резчик бумаги	Обслуживание ПРС	> 5	3.2
6	Каландровщик	Обслуживание каландров	> 5	3.2
7	Укладчик, упаковщик	Обслуживание упаковочных станков	> 5	3.2
Производство картона				
1	Размольщик	Обслуживание размольного оборудования	> 5	3.2
2	Машинист картоноделательной машины	Обслуживание картоноделательной машины	> 5	3.2
3	Прессовщик картоноделательной машины	Обслуживание картоноделательной машины	> 5	3.2
4	Сушильщик картоноделательной машины	Обслуживание картоноделательной машины	> 5	3.2
5	Резчик картона	Обслуживание продольно- и поперечно-резательных станков	> 5	3.2
6	Резчик бумаги и картона	Обслуживание бобинорезательного станка	> 5	3.2
7	Машинист гофроагрегатов	Обслуживание гофроагрегатов	> 15	3.3

№ пп	Профессия	Производство	Максимальное превышение уровней звука по ГОСТ 12.1.003-89, дБА	Класс условий труда
Производство бумажных мешков				
1	Машинист трубочной машины	Обслуживание трубочной машины	> 5	3.2
2	Машинист дноклеильной машины	Обслуживание дноклеильной машины	> 5	3.2
3	Наладчик дноклеильной машины	Обслуживание линии изготовления клеевых бумажных мешков	> 5	3.2
4	Швея бумажных мешков	Обслуживание швейных машин	> 5	3.2
Производство обоев				
1	Машинист обойно-печатной машины	Обслуживание линии по производству обоев	> 5	3.2
2	Катальщик обоев	Обслуживание линии по производству обоев	> 5	3.2
Производство тетрадей				
1	Машинист тетрадного агрегата, раскатчик	Обслуживание линии по производству тетрадей	> 5	3.2
Производство санитарно-бытовых изделий				
1	Рабочие места у автоматов по производству салфеток, листовых полотенец		> 5	3.2
2	Рабочие места у станков для производства гигиенических пакетов, пеленок, косметических салфеток		до 5	3,1
Прочие производства				
1	Компрессорщик	Воздуходувная и насосная станция	> 15	3.3
2	Машинист насосной станции	Воздуходувная и насосная станция	> 15	3.3
3	Оператор биологической очистки	Отделение биологической и химической очистки	> 5	3.2

Практически на 80% рабочих мест в основных и перерабатывающих производствах класс условий труда по шумовому фактору находится в пределах 3.2...3.4, что говорит о чрезвычайной остроте проблемы борьбы с шумом в отрасли.

Как видно из таблицы наиболее неблагоприятными в акустическом отношении являются основные производства – древесно-подготовительное, древесно-массное, производство бумаги. В цехах этих производств сосредоточено наибольшее число шумоопасных зон. Причем на разных предприятиях одинаковые цехи имеют различные

уровни звукового давления в рабочих зонах однотипного оборудования. Иногда эти различия могут достигать величины 10 дБ.

Эти расхождения зависят от характеристики производственного помещения, условий установки оборудования и т.п.

Анализ шумовых карт предприятий показал, что в основных цехах имеются ярко выраженные участки с повышенной шумовой опасностью. В залах бумагоделательных и картоноделательных машин ими являются: а) размольный участок; б) зона обслуживания мокрой части в прессовой части; в) рабочая зона у продольно-резательного станка.

В древесно-подготовительных цехах, хотя уровни звукового давления практически по всей площади значительно выше нормативных, по спектральному составу шума можно также выделить зоны: а) зона слешера; б) зона окорочных барабанов; в) зона рубительных машин.

В древесно-массных цехах можно выделить зону молотковых и дисковых мельниц.

В каждой из указанных зон уровни звукового давления определяются шумом одного какого-либо вида оборудования.

Анализ шумовых характеристик оборудования позволяет установить ряд важных факторов:

- шум слешерных установок, рубительных машин и размольного оборудования имеет ярко выраженный широкополосный характер;
- в шуме окорочных барабанов преобладают низкочастотные составляющие;
- в различных частях бумагоделательных машин спектр шума различен: спектр шума вакуум-насосов носит низко – и среднечастотных характер, в остальных частях машин ярче выражены высокочастотные составляющие;
- звуковая энергия оборудования по переработке бумаги также распределена равномерно практически по всему частотному диапазону.

Для выявления источников шума оборудования использовались методы спектрального и корреляционного анализа, методы объемных шумограмм, метод последовательного исключения источников. Большой информативностью в отношении разделения источников шума оборудования обладает также метод измерения режимов его работы.

Существуют десятки типов оборудования ЦБП, отличающиеся конструктивным разнообразием, что делает задачу классификации источников шума достаточно сложной. Результаты многочисленных исследований, выполненных в УГЛТУ, позволяют разделить основное технологическое оборудование предприятий ЦБП в зависимости от физической природы преобладающих источников на три группы:

1. Оборудование с ударным возбуждением шума. К этой группе относится оборудование древесно-подготовительных и древесно-массных цехов (рубительные машины, слешерные установки, окорочные барабаны, молотковые мельницы, лотки для перегрузки баланса), в котором ударное нагружение элементов оборудования заложено в технологическом процессе.

2. Оборудование, шумообразование в котором связано с действием вакуума и возникающими при этом аэродинамическими процессами. К этой группе оборудования относятся отсасывающие валы и вакуум-насосы.

3. Оборудование по переработке бумаги и картона, в котором преобладают шумы приводных механизмов, технологических механизмов и бумагопроводящих систем.

Принятая классификация источников шума позволяет более четко определить основные направления научных работ в области акустики оборудования ЦБП.

Библиографический список

1. Национальный доклад «О реализации государственной политики в области условий и охраны труда в Российской Федерации в 2005 году». Министерство Здравоохранения и социального развития Российской Федерации. М. 2009 – 43 с.

2. Р 2.2.2006-05 Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Постановление главного государственного врача РФ от 29.07.2005. – 127 с.

3. ГОСТ 12.1.003-83 Шум. Общие требования безопасности. М: Издательство стандартов, 1983. – 15 с.

Старкова О.А., Чумарный Г. В.
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

ЗАЩИТА ОТ ФАКТОРА ЗАПЫЛЁННОСТИ - ВАЖНЕЙШАЯ ЗАДАЧА ОХРАНЫ ТРУДА НА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ

DUST PROTECTION IN WOODWORKING

Деревообработка по объемам производства, по занятости в ней работающих - одна из самых востребованных отраслей промышленности, но она сопровождается рядом негативных производственных факторов, прежде всего запыленностью. В России порядка полмиллиона больших и малых деревообрабатывающих предприятий и участков в других отраслях промышленности с количеством работающих более 2 млн. человек, которые зачастую трудятся в условиях, не отвечающих гигиеническим критериям по качеству воздушной среды.

Очень часто запыленность воздуха в деревообрабатывающих цехах превышает нормативное значение в два и более раз. Причины этого: несовершенство технологического оборудования и зданий цехов, низкий уровень автоматизации процессов, способов уборки рабочих мест и обеспыливания воздуха.

По составу загрязнитель воздуха в цехах – это, в основном, древесная пыль. Диапазон воздействия древесной пыли (в зависимости от породы деревьев, времени воздействия, концентрации и т.п.) достаточно широк: это и аллергическое, фиброгенное и токсическое действие, провокация головных болей, дерматитов, кровотечений из носа, горла, заболевания печени, легких, онкологических патологии.

Для создания безопасности и нормальных условий труда деревообрабочников при воздействии на них древесной пыли, вызывающей более десяти наименований заболеваний различной тяжести и этиологии, необходимы практические исследования по идентификации источников пыли, пылеобразованию в цехах, свойствам древесной пыли и их влиянию на пылевые процессы, организм человека и окружающую его среду,

динамике запыленности воздуха в зависимости от различных факторов, а также данные о гигиенической оценке условий труда, таксономии процессов и их квантификационных характеристиках, способам и средствам обеспыливания воздушной среды цехов, системе управления безопасностью на предприятии.

Специалистами по охране труда также поднимается вопрос о необходимости уточнения допустимого уровня концентрации древесной пыли в воздухе рабочей зоны. Существует мнение, что нормируемое в настоящее время значение ПДК древесной пыли в воздухе рабочей зоны не обеспечивает безопасные условия труда и безопасный стаж работы без риска профессиональных заболеваний.

Есть трудности идентификации источников пыли, таксономии процессов по пылевому фактору и квантификации их характеристик, что усложняет учёт пылеобразования как при отдельных операциях, так и во всем цехе.

Комплексная задача, стоящая перед службой охраны труда на деревообрабатывающем предприятии - обеспечение безопасных условий труда в процессах деревообработки и разработка эффективной системы управления безопасностью процессов при воздействии на работающих аэрозолей преимущественно фиброгенного действия, по сути, эквивалентна разработке и внедрению в производство эффективной системы управления безопасностью на деревообрабатывающих предприятиях по пылевому фактору; её решение можно разбить на следующие составляющие:

- исследование основных свойств древесной пыли: дисперсный состав, плотность, электрический заряд, форму, распыляемость, скорость витания, комкуемость и т.д.
- проведение анализа данных медицинских исследований о воздействии древесной пыли на организм человека и окружающую среду;
- идентификация источников пыли в типовом цехе с исследованиями основных их характеристик по пылевому фактору;
- исследование факторов пылеобразования и их влияние на динамику запыленности воздуха в типовом деревообрабатывающем цехе;
- исследование условий труда работающих в типовом цехе при воздействии на них древесной пыли;
- разработка таксономии и квантификации процессов деревообработки по пылевому фактору;
- разработка основы теории пылевого фактора в процессах деревообработки;

В качестве объекта исследований могут выступать: а) древесную пыль разного происхождения (сосны, лиственницы, ясеня, дуба и других пород); б) деревообрабатывающее оборудование; в) процессы деревообработки; г) условия труда работающих по пылевому фактору.

Важным методом исследования может выступать изучение математических моделей динамики запыленности воздуха, позволяющих разрабатывать системы управления безопасностью процессов деревообработки по пылевому фактору. В основе этих моделей - рассмотрение системы "оператор - технологические процессы - очистка воздуха - цех - окружающая среда".

В заключение следует отметить, что запыленность воздуха занимает одно из первых мест среди самых опасных факторов техносферы, и обеспечение безопасности

и нормальных условий труда работников деревообрабатывающих производств невозможно без решения задачи обеспыливания воздуха рабочей зоны.

Библиографический список

1. Лапкаев А. Г. Создание безопасности и нормальных условий труда в процессах деревообработки по пылевому фактору : дисс. д.т.н : 05.21.05 Красноярск, 2006 – 325 с.

Чумарный Г. В. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА - ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ, ЗАДАЧИ И ПРАВА РАБОТНИКОВ СЛУЖБЫ ОХРАНЫ ТРУДА НА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ *SAFETY AND HEALTH MANAGEMENT IN WOODWORKING*

Спектр проблем охраны труда на предприятиях деревообработки достаточно широк. Вот несколько иллюстрирующих примеров: после распада крупных мебельных комбинатов появилось немало фирм, занимающихся деревообработкой. Мелкие производители приобретают отработавшее свой срок оборудование. И, конечно, при таком состоянии основных фондов и нехватке средств, трудно обеспечить безопасные условия для работников. Порой в помещениях отсутствует вентиляция, измерения показывают, что в 60 процентах таких случаев содержание древесной пыли превышает норму в два-три раза (известно, что древесная пыль - это аллерген). Почти повсеместно, где используются деревообрабатывающие станки, шумы превышают предельно допустимый уровень на 10 - 25 дБ. Рабочие не всегда обеспечены спецодеждой и средствами индивидуальной защиты. Бывает, что даже нет шкафчиков для одежды. Душевые, гардеробные, санузлы не соответствуют санитарно-гигиеническим требованиям. Несмотря на вредные условия труда, плотники, столяры, распиловщики не проходят медосмотры, как положено, раз в два года.

Недостатки в обеспечении безопасности реализуются в авариях, профзаболеваниях, различных по тяжести несчастных случаях. Несчастные случаи происходят по нескольким причинам: из-за плохой организации производства, недостатков в обучении персонала безопасным методам работы, эксплуатации неисправных машин и механизмов, нарушения норм и правил электробезопасности и производственной санитарии, неудовлетворительного состояния зданий и сооружений.

Зачастую руководство предприятий скрывает получение работниками незначительных и даже тяжёлых травм. В подтверждение этого соображения можно привести информацию, содержащуюся в Докладе МОТ ко Всемирному дню охраны труда - 28 апреля 2010 года. Основная сложность на пути борьбы за обеспечение безопасности - неполный учет несчастных случаев на производстве. Нужно пояснить, что недостаток информации и знаний в области охраны труда на малых и средних предприятиях и в "неформальном" секторе экономики сказывается и на неполном отражении показателей статистической отчетности о количестве несчастных случаев и заболеваний на произ-

водстве. В результате, статистика не отражает реальную ситуацию. Возможные причины расхождений статистических показателей по несчастным случаям:

- занижение сведений о количестве несчастных случаев (желание их скрыть);
- сложные процедуры отчетности о несчастных случаях на производстве (отчетность требует слишком много усилий);
- составление статистической отчетности производится несколькими национальными ведомствами;
- недостаток понимания принципов и прав на компенсацию;
- нечеткое определение термина «несчастные случаи на производстве и профессиональные заболевания» в законодательстве;
- использование трудовых контрактов, не дающих гарантий социального обеспечения;
- недостаток знаний о необходимости отчетности.

Наиболее перспективным путём преодоления трудностей на пути обеспечения безопасности на деревообрабатывающих предприятиях представляется построение эффективной Системы Управления Охраной Труда (СУОТ) и обеспечение её бесперебойного функционирования. Очевидно, что это в первую очередь является зоной ответственности службы охраны труда предприятия.

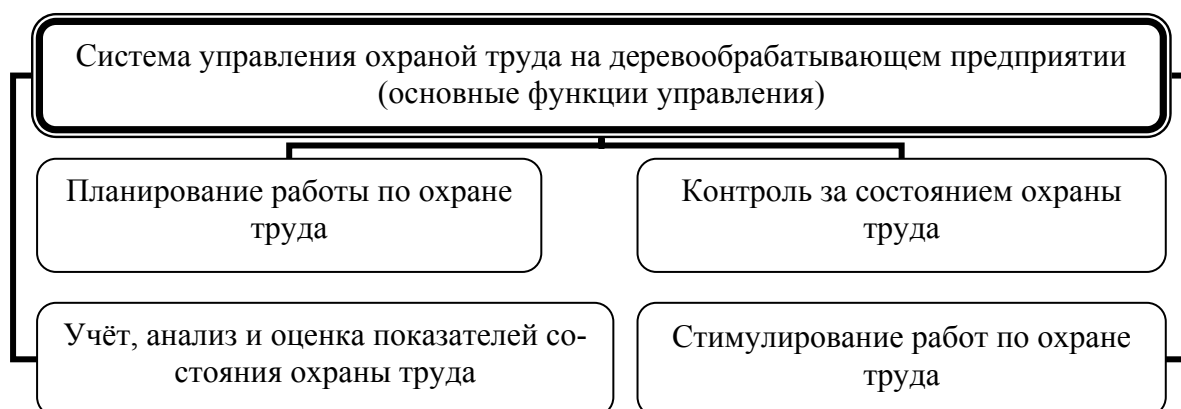


Рисунок 1 – Основные функции управления СУОТ

При осуществлении функционирования СУОТ службой охраны труда должны решаться следующие задачи управления:

- проработывание мероприятий по выполнению государственной политики по охране труда на отраслевом уровне и на уровне предприятия;
- обеспечение надлежащих безопасных и здоровых условий труда;
- организация и проведение обучения персонала вопросам охраны труда и безопасным методам работы;
- пропаганда по вопросам охраны труда;
- обеспечение содержания в надлежащем состоянии производственного оборудования, зданий и сооружений, инженерных линий, безопасного ведения технологических процессов на предприятии;
- обеспечение нормативных санитарных, гигиенических условий труда на предприятии;
- обеспечение работников средствами защиты;

- обеспечение оптимальных режимов труда и отдыха
- организация лечебно - профилактического обслуживания работников;
- организация санитарно-бытового обслуживания работников;
- профессиональный отбор персонала по отдельным специальностям;

Для деревообрабатывающего предприятия данный перечень можно конкретизировать в следующих мероприятиях: осуществление контроля за соблюдением требований законодательных актов и нормативных документов по охране труда; правильным применением средств индивидуальной защиты; соблюдением порядка расследования и учета несчастных случаев на производстве; выполнением мероприятий раздела “Охрана труда” коллективного договора и других мероприятий по созданию здоровых и безопасных условий труда; наличием инструкций по охране труда и своевременным их пересмотром; соблюдением графиков замеров параметров опасных и вредных производственных факторов, своевременным проведением необходимых испытаний и технических освидетельствований оборудования, машин и механизмов; эффективностью работы аспирационных и вентиляционных систем; состоянием предохранительных приспособлений и защитных устройств; своевременным и качественным проведением обучения, проверки знаний и всех видов инструктажей по охране труда; организацией хранения, выдачи, стирки, химической чистки, сушки, обеспыливания, обезжиривания и ремонта специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты; правильным расходованием в подразделениях предприятия средств, выделенных на выполнение мероприятий по охране труда; подготовка и внесение предложений о разработке и внедрении более совершенных конструкций оградительной техники, предохранительных и блокировочных устройств и других средств защиты от воздействия опасных и вредных факторов.

Согласно "Рекомендациям по организации работы службы охраны труда в организации (Приложение к Постановлению Министерства труда и социального развития РФ от 8 февраля 2000 г. N 14) работники служб охраны труда обладают рядом прав, способствующих выполнению функциональных обязанностей.

Например, работники службы охраны труда имеют право:

- предъявлять руководителям подразделений, другим должностным лицам организации обязательные для исполнения предписания об устранении выявленных при проверках нарушений требований охраны труда и контролировать их выполнение;
- требовать от руководителей подразделений отстранения от работы лиц, не имеющих допуска к выполнению данного вида работ, не прошедших в установленном порядке предварительных и периодических медицинских осмотров, инструктажа по охране труда, не использующих в своей работе предоставленных средств индивидуальной защиты, а также нарушающих требования законодательства об охране труда;
- направлять руководителю организации предложения о привлечении к ответственности должностных лиц, нарушающих требования охраны труда;
- запрашивать и получать от руководителей подразделений необходимые сведения, информацию, документы по вопросам охраны труда, требовать письменные объяснения от лиц, допустивших нарушения законодательства об охране труда;
- привлекать по согласованию с руководителем организации и руководителями подразделений соответствующих специалистов организации к проверкам состояния условий и охраны труда;
- представлять руководителю организации предложения о поощрении отдельных работников за активную работу по улучшению условий и охраны труда;

- представлять по поручению руководителя организации в государственных и общественных организациях при обсуждении вопросов охраны труда.

И здесь, к сожалению, можно отметить некоторую тенденцию в урезании прав служб охраны труда на предприятии: по сравнению с более ранней редакцией "Рекомендаций по организации работы службы охраны труда на предприятии, в учреждении и организации" (утвержденных постановлением Министерства труда РФ от 30 января 1995 г. N 6).

Например, вместо пункта о праве "4.1. В любое время суток беспрепятственно осматривать производственные, служебные и бытовые помещения предприятия, знакомиться с документами по вопросам охраны труда" стал пункт " 8.1. В любое время суток беспрепятственно посещать и осматривать производственные, служебные и бытовые помещения организации, знакомиться **в пределах своей компетенции** с документами по вопросам охраны труда"; а также изъят полностью пункт о праве " Запрещать эксплуатацию машин, оборудования и производство работ в цехах, на участках, рабочих местах при выявлении нарушений нормативных правовых актов по охране труда, которые создают угрозу жизни и здоровью работников или могут привести к аварии, с уведомлением об этом работодателя (руководителя подразделения или его заместителя)."

В заключение хочется отметить роль непосредственных исполнителей задачи построения СУОТ - работников службы охраны труда на предприятии, прежде всего инженера по охране труда. Он должен внимательно отслеживать производственную жизнь своего предприятия, ход всех технологических процессов, контролировать безопасность рабочих мест и подготовку необходимых специалистов. Ему необходимо также отслеживать и контролировать мероприятия по охране труда, принуждая работодателя к улучшению условий труда.

Основные принципы построения и функционирования системы управления охраной труда (СУОТ) можно сформулировать так:

"планируй - выполняй – контролируй – совершенствуй".

Эффективность СУОТ зависит от правильно определенных целей управления и качественного выполнения обязанностей, возложенных на все уровни управления, на все подразделения организации, и особенно на ее руководство.

Рационально построенная система управления охраной труда, как показывает практика, дает ощутимый экономический эффект: повышается производительность труда, сокращаются потери, связанные с травматизмом и профессиональными заболеваниями, уменьшается текучесть кадров, увеличивается профессиональная активность работников.

Библиографический список

1. Ефремова О.С. Система управления охраной труда в организациях. – М.: Изд-во "Альфа-Пресс", 2009. – 160 с.

2. Боталова А.Н., Чумарный Г.В. К вопросу обеспечения безопасности при эксплуатации деревообрабатывающих станков: пути снижения шума и вибрации /Научное творчество молодежи - лесному комплексу России: материалы VI Всероссийской Научно-технической конференции студентов и аспирантов / УГЛТУ – Екатеринбург, 2010. – Ч.1. –322 с.

EMIL KLIMO, *Institute of Forest Ecology,
Mendel University in Brno, Czech Republic*

MAN-MADE NORWAY SPRUCE ECOSYSTEMS IN THE CZECH REPUBLIC AND THEIR ECOLOGICAL CONSEQUENCES

As compared to the present distribution of spruce in the Czech Republic, the original area was much smaller. For example, its boundary was in the Giant Mts. at an altitude of 1200-1350 m. The establishment of pure spruce stands was brought about particularly by economic reasons associated with increasing demands for wood. In addition to positive consequences (increased production of wood etc.), possible negative impacts were also discussed, particularly effects on soil and the extent of damage caused by biotic and abiotic factors.

The National forestry programme (NFP) of the Czech Republic for a period until 2013 stresses important ecological functions from the point of view of preserving and improving the biological diversity, integrity, health and resistance of forest ecosystems to effects of supposed global and landscape changes and to effects of negative stresses from the past NFP (2008). The total area of forests in the Czech Republic is 2 646 thousand ha, ie about 33% forest cover out of the total area. The ownership of forests markedly changed after 1990 when the CR owned 95.8% forests. This area gradually decreased within privatization of forests to 60% at present.

Intensive anthropogenic effects show their origin already in the Middle Ages when felling forest stands continued due to the increasing consumption of wood in mines – production of iron ore, silver mining and charcoal burning. It referred particularly to beech forests also at lower locations. Results of these activities consisted in the increased soil erosion and sedimentation in the alluvial area of rivers. The original species composition of forests was replaced by planting spruce monocultures even outside their natural range. This process was intensified particularly in the course of the 18th century.

At present, the species composition of forests in the Czech Republic is as follows:

Natural, current and recommended composition of tree species, % of forest land area

Composition	Spruce	Silver fir	Conifers Total	Oak	Beech	Broadleaves Total
Natural	11.2	19.8	34.7	19.4	40.2	65.3
Current	53.3	0.9	75.5	6.5	5.5	23.4
Recommended	36.5	4.4	64.4	9.0	18.0	35.6

This process took place similarly also in other countries of Central Europe (Tesař, Klimo in Spiecker et al. 2004).

Country	% spruce out of the stand area	% spruce monocul- tures out of the stand area
Czech Republic	54	22
Slovakia	26	9
Austria	48	33.4
Germany	30	19.1

Norway spruce spread from mountain areas to lower locations partly naturally, especially at northern slope locations, and to moist and cold valleys (Nožička 1972). The establishment of spruce monocultures showed also positive consequences particularly in the increased and faster production of wood, which stimulated the origin of various industrial enterprises. At present, however, mainly negative impacts of spruce monocultures are discussed. The majority of spruce monocultures in the Czech Republic occurs in the 1st or the 2nd generation.

Long discussions, mainly in a period after the World War Two, were brought about by an opinion presented particularly by Pelíšek (1955) on a rather fast process of the origin of podzol soils under spruce stands. Many scientists opposed to this opinion (eg Šály 1978 etc.). The process of podzolization under spruce stands evidently exists, which can be demonstrated by the analysis of lysimetric waters. Nevertheless, there is a question, if a morphologically marked podzol originates in the course of one generation of spruce.

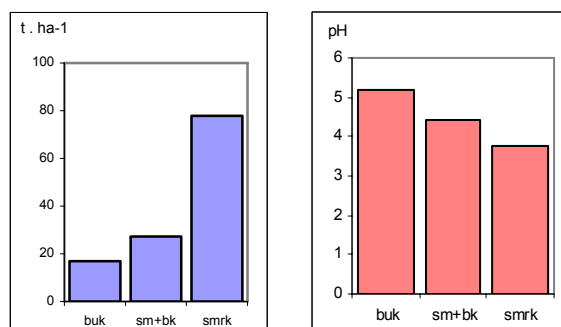
The most marked changes of the soil environment due to spruce monocultures occur in the accumulation of organic material on soil surface and, in some cases, also changes in the humus form from moder to mor-moder and thus also changes in the cycle of elements, particularly of nitrogen. Its accumulation, mainly in H layer, manifold surpasses N accumulation under a beech stand.

The weight (t/ha) and accumulation of nutrients in the surface humus in a beech and spruce stand (kg/ha)

Layer	Stand	Weight	N	P	K	Ca	Mg
L	beech	10.0	153	11	20	68	4
	spruce	11.5	155	4	12	37	7
F	beech	12.6	161	14	59	29	7
	spruce	15.8	276	16	20	19	13
H	beech	0.5	7	1	3	0.5	0.2
	spruce	22.3	350	27	36	14	24
Total	beech	23.1	321	26	82	97	11
	spruce	49.6	780	47	68	70	44

The process of high accumulation of organic matter on the soil surface is also associated with the process of acidification, which is more intensive under spruce stands (Tesař, Klimo 2004).

Fig. 1. Total accumulation and pH (in H₂O) of the surface humus in stands of various species composition (buk = beech, sm+bk = spruce+beech, smr = spruce).



Changes in pH values or more intensive acidification in the surface humus layers were also demonstrated by our measurements in the Bohemian-Moravian Uplands where spruce was planted on the original site of beech at the beginning of the 20th century.

pH values of the surface humus layer under a spruce and beech stand

Stand	L		F		H	
	H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl
Beech	5.56	4.82	4.88	4.66	5.26	4.80
Spruce	4.53	3.66	4.14	3.60	3.84	3.32

The process of acidification under spruce stands as compared with original beech or mixed stands is also more intensive in soil horizons A as indicated by our measurements:

Beech stand – 100 years	pH in H ₂ O	3.83
	in KCl	3.30
Spruce stand – 80 years	pH in H ₂ O	3.60
	in KCl	2.90

In addition to soil changes, other ecological impacts of growing spruce monocultures are also noted, namely wind damage to spruce stands occurring nearly every year and mainly under exceptional situations such as, for example, Kirill hurricane in January 2007.

In total, Forests of the CR Co. recorded about 5 million m³ damaged timber after the Kirill hurricane disaster. It represented roughly two-thirds of the annual planned cut and thus, it referred to the greatest disaster in the history of the Forests of the CR Co. The total removal/processing of damaged timber including subsequent operations took until the end of the year 2007.

So far, the unverified proportion of broken and uprooted trees of spruce and broad-leaved species offers a question of the relationship between windfalls and the character of a soil type (pseudogley) and generally waterlogged sites where spruce shows spreading its root system markedly in the surface layer of soil.

In addition to this, considerable damage originates due to the occurrence of bark beetles and game damage.

Harmful impacts of industrial air pollution on forest ecosystems and particularly spruce stands appear to be a serious ecological problem in the Czech Republic in the course of recent 50 years. Nevertheless, in this case, the combination of various negative factors was devastating, particularly the combination of meteorological fluctuations, decreased vitality of stands and air pollution. In connection with the establishment of pure spruce stands, technologies of regeneration, tending, logging and the use of wood of spruce stands have been developed. Special attention is primarily paid to the technology of regeneration where, in addition to the clear-felling system, the proportion of natural regeneration gradually increases particularly in association with the transformation of spruce monocultures occurring outside their natural range to close-to-nature forests.

Naturally, the question of growing spruce monocultures can be also related to possible climatic changes at the global level as well as to episodic variations of meteorological conditions at the level of regions.

Of course, according to Tesař and Klimo (2004), disadvantages of growing spruce are not generally so large to make its growing impossible. It is, however, necessary to change methods of management taking into account ecological carrying capacity and multiple functions of forest ecosystems and to reduce its proportion according to management and ecological criteria to recommended 36-37%.

Certain starting points are included in the NFP (2008). Although the NFP does not deal with the problem of the spruce monoculture conversion specially, the programme of the species composition arrangement of forests and silvicultural measures is involved in its content, namely in two directions supposed:

Problem	Sustainable management	Close-to-nature procedure of management
Clear felling	Regulation of the extent of clear felling	Exclusion of clear felling
Structure and species composition	Mixed stands with the preference of economically important species	Taking into account potential natural vegetation
Introduced species	Introduced species are admissible	Only autochthonous species

Recommended species composition as an optimized compromise between the natural species composition and economically advantageous composition supposes the proportion of spruce 37% as against the present proportion 53% and natural proportion 11% (as mentioned above).

Considerable deviations of the stand condition of spruce monocultures from the principle of sustainable forest management resulted already in former times in searching management procedures, which ensure fulfilling also other forest functions in addition to the wood-producing function. In the Czech Republic, possibilities of the transformation of spruce stands are demonstrated by results in silviculture in the course of last 40-60 years on 48 example plots of a total area of 11 600 ha. The areas show the various degree of transformation of stands according to the site potential, initial condition of the forest, duration of the stand preparation by tending and duration of the actual transformation during the forest regeneration.

Проблемы профессионального образования и инжиниринга в деревообработке

Арефьева О.Ю., Черемных Н.Н. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРАКТИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ УЗЛОВ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ МАШИН *THE EXPERIMENTAL PRACTICE OF MODELING HARVESTING MACHINES UNITS*

Последнее десятилетие характеризуется стремительным падением уровня качества знаний и умений выпускников школ и техникумов (колледжей) по геометрографической подготовке. В школах нет черчения; учебная дисциплина «Трудовое обучение» заменена образовательной областью «Технология». В последней дисциплине черчению отводится еще какая-то малая часть в школах, которые тяготеют к крупным производствам, и инерция социализма – готовить какую-то часть выпускников к работе на производстве – еще может проявиться в некотором внимании к черчению (школа в Екатеринбурге по проспекту Космонавтов 54,а).

Мы убеждены в том, что качественное инженерное образование является залогом успешного развития России, а гражданская грамотность – одна из основных составляющих в профессиональной характеристике будущего технического специалиста. Основы этой грамотности закладываются в процессе изучения начертательной геометрии и черчения. Высокий уровень абстрактности учебного материала по начертательной геометрии является характерным для всех поколений инженеров. Создать и проверить современный машинный чертеж невозможно без знания основ графического языка.

Несколько снизить уровень абстрактности отмеченного выше учебного материала нам позволяет использование профессиональной направленности. Современный, никогда не работавший на производстве студент, должен видеть связь дисциплины начертательная геометрия с будущей профессией, в первую очередь использование ее в последующих дисциплинах – черчении, теории механизмов и машин, деталях машин, грузоподъемных машинах, дисциплинах специализации.

По крайней мере появляется какая-то мотивация в развитии пространственного воображения, расширении пространственных представлений и сочетании слов и наглядных средств.

Примеры востребованности наших знаний мы демонстрируем на примере оптимизации раскрыя одного из самых распространенных у нас в отрасли предмета труда – бревна (сечение конуса плоскостью - получаем гиперболу или параболу; однополостной гиперболоид вращения – это поверхность струй пара при методе парового уплотнения технологической щепы в варочных котлах в ЦБП; развертки бумажной тары для упаковки современной сборной мебели; емкостей для технологической щепы и стружки – циклонов, бункеров и т.д.[1,2] . Находят востребованность и такие абстрактные понятия как скрещивающиеся прямые, определение натуральной величины отрезка

прямой общего положения по методу прямоугольного треугольника, сопряжение в современных мебельных узлах, и в деревообрабатывающем инструменте и т.д.

Использование нетрадиционных для начертательной геометрии абстрактных объектов и объектов материального мира, а также объектов профессиональной деятельности, являющихся частью жизненного опыта обучаемых, методисты – графики называют «витагенно-ориентированными задачами».

В черчении ставится задача приобретения навыков с целью лучшей адаптации в графической части курсового проекта по деталям машин в части редуктора, привода и деталировки. Для этого при деталировании чертежа общего вида задаются детали типа валиков, штуцеров, шкивов, литых корпусов, зубчаток и звездочек.

Машинная графика в настоящее время является мощным подспорьем в решении инженерных задач, значительно сокращая сроки выполнения проектов и повышая презентабельность выполняемых работ. Уже широко используемая 3D-графика позволила устранить единственный недостаток комплексного чертежа – отсутствие наглядности.

Профессионально-направленное изучение машинной графики продемонстрируем на примере двух подшипниковых узлов вала лесотранспортера [3].

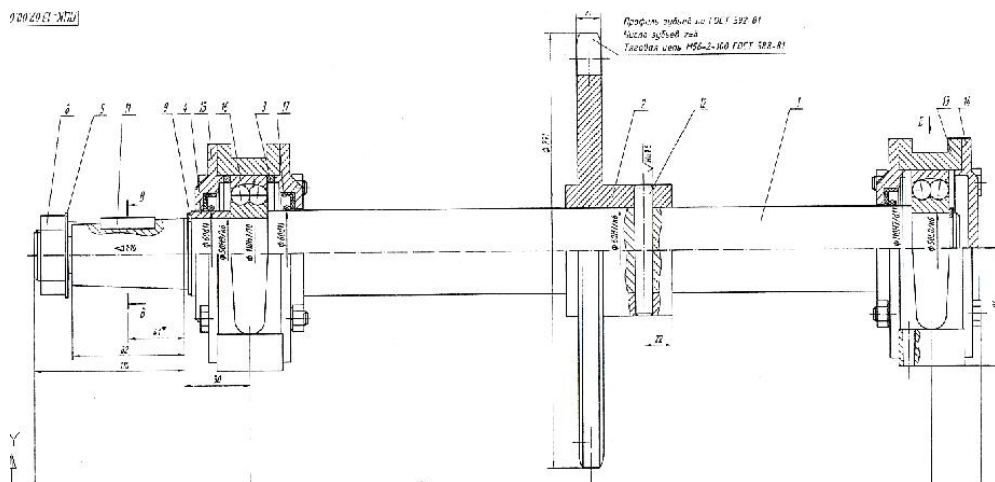


Рисунок 1

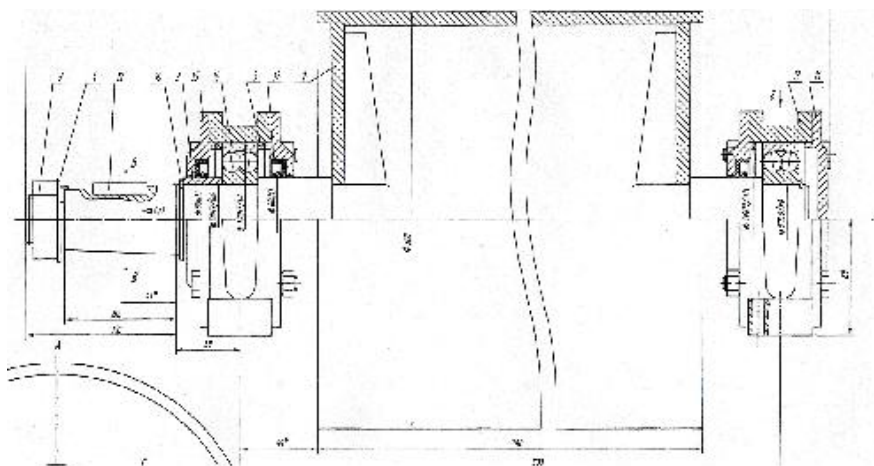


Рисунок 2

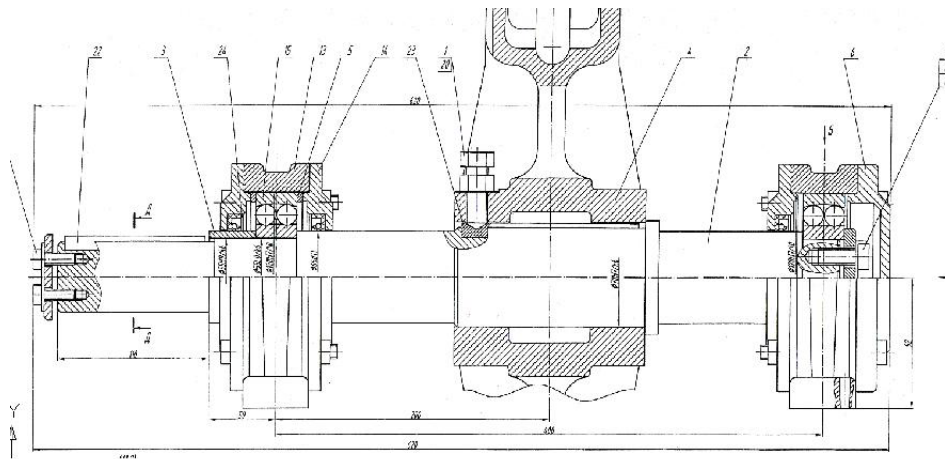


Рисунок 3

На рис.1 (чертеж ПЦК-13.02.00.00 СБ из [3]) тяговая звёздочка под цепь М56-2-100 ГОСТ 588-81. Левый конец вала конический. Фиксирующая подшипниковая опора – левая. Двухрядный шариковый сферический подшипник (его внутреннее кольцо) на валу фиксируется справа буртиком вала, слева – втулкой с фиксацией её кольцом пружинным упорным плоским в канавке вала.

На рис.2 (чертеж ПЛК-1.02.00.00 СБЩ из [3]) приводной барабан на двух полу-валах с фиксирующей левой опорой, где также как и в предыдущем случае – аналогичная фиксация подшипника.

Рис.3 (чертеж ЦТБ-01.01.02.00.00 СБ из [3]) демонстрирует конструкцию тяговой звёздочки под круглозвёздную цепь. Левый (посадочный) конец вала – цилиндрический, и фиксация левого подшипника осуществляется втулкой, в торец которой упрётся полумуфта (на чертеже не показана), а второй торец её будет прижат торцевой шайбой.

3D - модель показана для чертежа ПЦК-13-02-00.00 СБ из [3].

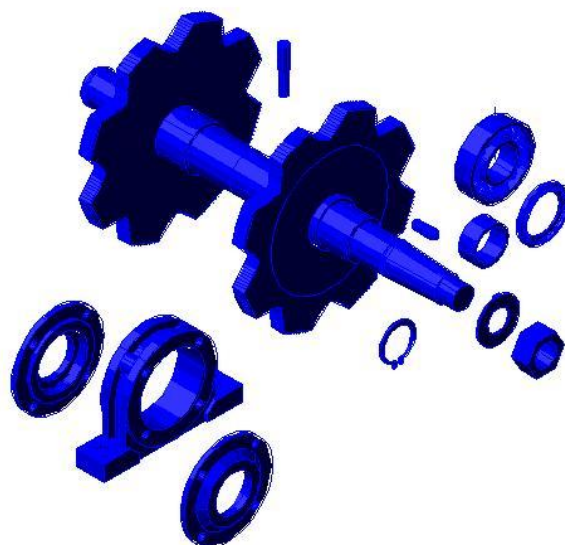


Рисунок 4

Следует отметить, что если несколько лет назад на совещании заведующих кафедр инженерно-графических дисциплин в Саратовском ГТУ выступление одного из авторов данной статьи вызвало некоторое непонимание, то сегодня уже даже в ведущих технических ВУЗах РФ авиационного, судостроительного, строительного профилей стали все больше уделять внимания задачам с профессиональной направленности [4,5,6].

Библиографический список

1. Уласовец В.Г. Технологические основы производства пиломатериалов. [Текст]: Учебное пособие / В.Г.Уласовец ; Екатеринбург, УГЛТУ, 2002, - 510 с.
2. Амалицкий В.В. Оборудование отрасли. [Текст]: Учебник/ В.В. Амалицкий, В.В. Амалицкий; М.; МГУЛ, 2005, - 584 с.
3. Шабалин Л.А. Приводы машин лесного комплекса. Атлас по деталям машин и основам конструирования. [Текст]: Учебное пособие / Л.А. Шабалин, В.В. Виноградов: Екатеринбург, УГЛТУ, 2006, - 111 с.
4. Скоцкая Т.Н. Влияние профессиональной ориентации на выбор метода и целей обучения. [Текст]/ Т.Н. Скоцкая// Совершенствование подготовки учащихся и студентов в области графики, конструирования и стандартизации. Межвузовский научно-методический сборник. Саратов, СГТУ, 2009.-с.259-262.
5. Лалетин В.А. Вопросы оптимизации преподавания графических дисциплин. [Текст]/ В.А. Лалетин, Л.Г. Боброва, А.А. Магидин//Совершенствование подготовки учащихся и студентов в области графики, конструирования и стандартизации. Межвузовский научно-методический сборник. Саратов, СГТУ, 2004.-с.78-82.
6. Аляутдинова Л.Е. О роли междисциплинарных связей начертательной геометрии в создании у студентов мотивации к усвоению учебного материала. [Текст]/ Л.Е. Аляутдинова, Г.Н. Нехорошкова, Е.А. Хмельников, И.Ю. Шibaева//Состояние, проблемы и тенденции развития графической подготовки в высшей школе. Том 1./Сборник трудов Всероссийского совещания зав. кафедрами графических дисциплин ВУЗов РФ 20-22 июня 2007 г., г. Челябинск. Челябинск, ЮУрГУ, 2007.-с.198-202.

Сергеев В.В., Васькин Д.Г. (УдГУ, филиал в г. Кудымкаре, РФ)

КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД И НОВЫЕ ЦЕННОСТИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

COMPETENCY APPROACH AND NEW VALUES IN HIGH EDUCATION

Термин «компетенция» пришел на смену привычным понятиям «знания, умения и навыки», которые традиционно использовались для описания квалификации специалистов. В настоящее время под этим понимается «качество социальной личности, востребованное на рынке труда и позволяющее этой личности отвечать на задачи, которые ставит перед ней общество».

Очевидно, что российский рынок труда испытывает некоторые трудности с кадрами по разным причинам, одной из которых является несоответствие результатов

высшего образования требованиям рынка.

Работодатель ищет сотрудника, обладающего определенными профессиональными и личными качествами, университеты же выпускают специалистов, в лучшем случае обладающих знаниями.

Компетентностный подход в эпоху информационных технологий однозначно более выигрышен по сравнению с подходом, ориентированным на знания, умения и навыки, поскольку требования к умениям и навыкам меняются очень быстро, а знания обновляются еще быстрее.

Необходимость переориентации высшего образования с количественных характеристик на формирование качеств личности вполне очевидна.

К сожалению, дальше понимания этой необходимости в российском образовании дело не идет, поскольку как внедрить компетентностный подход пока неясно, начиная с того, что не существует схемы определения необходимых на рынке компетенций и новые стандарты также созданы по факту с ориентацией на старый подход, и заканчивая тем, что абсолютно непонятно, как организовать процесс обучения, нацеленный не на передачу знаний, а на формирование социальных качеств.

Как перейти к новому подходу? Вся школа традиционно ориентирована на передачу знаний. У нас есть специалисты в отдельных сферах знания, и они передают это знание, и от этого никуда не деться, это главное.

Специалистов по компетенциям у нас нет, и под них нет образовательных структур: ни кафедр, ни методических семинаров, ни литературы. Самое печальное, что мы даже сами компетенции пока не можем определить, в этом есть большие трудности.

Потому что работодателю нужна золотая рыбка: чтобы делала все и сразу.

Это будет самый выгодный сотрудник. Понятно, что в большинстве случаев работодателям нужны просто компьютерные программы, или роботы с определенным числом функций, а люди здесь вообще не причем. Под формирование и контроль этой функциональности заточен весь государственный аппарат.

А современная экономика требует не столько роботов, сколько людей, так как экономика становится индивидуальной.

Поэтому университетская наука должна взять на себя лидирующую роль, так же, как и в современном производстве.

То есть она должна моделировать идеального сотрудника, затем моделировать процесс достижения этого идеала, а потом корректировать и эту модель, и эти процессы, исходя из условий их практической деятельности, из требований современного производства.

По такому алгоритму была построена наша работа по формированию компетентностной модели специалиста в области лесных отношений (квалификация экономист -менеджер лесного хозяйства).

На практике формирование компетенций в настоящее время происходит в рамках учебных занятий по предметам (предметная урочная система). Чтобы перейти от формирования знаний к формированию компетенций необходимо ориентировать на компетенции учебные программы. Задача каждого урока или самостоятельной работы должна состоять не только в получении знаний по определенной теме, но в освоении некоей компетенции.

Качества личности невозможно формировать в информационном вакууме. Ма-

териальная база знаний необходима не только для обучения анализу ситуационных проблем лесного комплекса или ведению деловой переписки с партнёрами по бизнесу, но и для формирования критического мышления, культуры общения и т.п. Например, невозможно овладеть культурой межличностного общения, не владея понятием «культура», не владея информацией о культурных различиях в регионах СНГ и России.

Поэтому области знания не теряют своей значимости в образовательном процессе. Знания становятся материалом и образцом для овладения компетенциями.

Тем не менее, ориентация на формирование компетенций в учебном процессе требует новых педагогических подходов и технологий. Так, критическими общими компетенциями являются аналитическое мышление, умение работать с информацией, творчество, критическое мышление, командная работа, способность принимать решения, коммуникабельность, навыки самоорганизации и контроля, умение представить себя и свою работу.

Такой комплекс компетенций не может сформироваться в рамках традиционных учебных форм восприятия и воспроизведения информации.

Необходимы формы учебной работы, которые до сих пор являются новаторскими: проектная работа в группах, учебные дискуссии, проблемное обучение, разного рода тренинги, решение практических задач за пределами учебной аудитории/библиотек (выход на практическую деятельность), реальные стажировки.

Для перехода к новой образовательной парадигме необходимо обеспечить обучение преподавателей новым формам работы в рамках кафедральных семинаров и повышения квалификации педагогических работников.

Более того, нужно их разработать и внедрить.

Учебные и образовательные программы пока, как и раньше, составляются с ориентацией на знания, умения и навыки, которые получают слушатели, пройдя тот или иной курс или программу. В рамках новой парадигмы цели программы необходимо формулировать и реализовывать в терминах компетенций, формирования и развития новых качеств личности.

В общих чертах ПРОГРАММА может иметь следующую форму.

Например, название курса. «Древесиноведение и лесное товароведение».

Цели курса. По завершении курса студент должен владеть следующими компетенциями: осмысленный анализ необходимости изучения данной дисциплины, трактовка и исследование физических, химических и других свойств древесины, как продукта труда; разносторонний анализ и объяснение сути технологических процессов, результатом которых древесина превращается в новый продукт; самостоятельное углубленное изучение теории рационального раскроя ствола на круглые материалы.

В ходе курса будут развиваться следующие общие и специальные компетенции студентов:

- обработка информации;
- умение работать с научно-техническим текстом;
- письменная и устная речь;
- презентация результатов своей работы;
- работа в команде;
- творческое и критическое мышление;
- основы межпартнёрских отношений;

– личная толерантность как человека, овладевшего знаниями и практикой профессионала лесного бизнеса – компетентного специалиста высокого интеллекта.

Для системы, ориентированной на знания, характерно поступательное движение в овладении знаниями – умениями – навыками. Ни одна компетенция не может сформироваться в рамках одного определенного курса, необходимо повторное обращение к ней в рамках нескольких учебных курсов (по крайней мере, трех-четырех, формула педагогики 5 ± 2 работает и здесь).

Вернемся к примеру программы по «Древесиноведению и лесному товароведению». Одной из задач курса является обучение анализу научно-технических текстов. Эта компетенция должна развиваться также в рамках курсов «Введение в специальность», «Культура речи», «Психология», «Основы лесного хозяйства», «Экономика и управление предприятием (лесного комплекса) и проч., которые входят в учебную программу этой специальности. Общие компетенции (работа в команде, способность принимать решения, анализировать информацию и т.д.) должны формироваться в рамках всех курсов.

Вывод. Для внедрения компетентного подхода считаем необходимым обучение преподавателей новым формам работы, разработку и внедрение механизма мотивации преподавателей к новаторской деятельности, обеспечение прочных межпредметных и междисциплинарных связей в рамках учебных программ, разработку компетентностно-ориентированных учебных планов.

Ниже приводится план работы (на примере одной темы).

Деятельность	Компетенции, на развитие которых нацелено занятие	Требования к студентам	Нагрузка студента (ак. час)
Физические свойства древесины			
Лекция. Физические свойства древесины (влажность, усушка, напряжения, плотность).	Умение работать с информацией. Освоение терминологии.	Присутствие на занятии и участие в работе.	2
Самостоятельная работа. Исследование и анализ показателей свойств древесины различных её пород.	Поиск и анализ информации. Презентация исследования.	Выполнение и сдача преподавателю презентации исследования в формате «Power Point». Объём (6–7стр.).	2
Презентация и дискуссия. Определение влияния свойств древесины на качество изделий из неё.	Критическое мышление. Устная речь. Толерантность. Презентация своей работы. Командная работа.	Участие в дискуссии и презентация, работа в команде по выработке выводов.	2
Лекция. Пороки древесины.	Умение работать с информацией. Освоение терминологии.	Присутствие на занятии и участие в работе.	2

<p>Самостоятельная работа. Анализ классификации пороков в соответствии с ГОСТ 2140–81.</p>	<p>Критическое мышление. письменная речь. Умение работать с нормативной документацией.</p>	<p>Письменный анализ данного нормативного текста с точки зрения отражения влияния пороков на полезный выход деловой древесины.</p>	<p>4</p>
<p>Проектная работа в командах. Исследование и представление показателей физических свойств древесины и её пороков на потребительских свойствах лесных товаров из неё.</p>	<p>Работа в команде. Критическое мышление. Презентация результатов исследования. Письменная речь.</p>	<p>Работа в команде 3–4 чел., подготовка обзора и презентации.</p>	<p>4+2</p>

Библиографический список

1. Васькин Д.Г., Сергеев В.В. Древесина её строение и способы эффективной сушки. Учебное пособие: Филиал Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Удмуртский государственный университет» в г. Кудымкаре: 2007. 457 с.
2. Татур Ю.Г. Компетентность в структуре модели качества подготовки специалиста.- М.: Высшее образование сегодня, 2004, № 3.
3. Зимняя И.А. Ключевые компетенции – новая парадигма результата образования. – М.: Высшее образование сегодня, 2003, № 5.
4. Будущее европейского образования. Болонский процесс (Сорбонна – Болонья – Саламанка-рага). Составитель Е.В. Шевченко. СПб: Изд-во СПб ГПУ, 2002.
5. Загрекова Л.В. Теория и технологии обучения. – М.: Высшая школа, 2004.

**СОДЕРЖАНИЕ
THE MAINTENANCE**

К участникам симпозиума и выставки	3
--	---

**Проблемы менеджмента и конкурентоспособности предприятий
лесного комплекса в условиях современного кризиса**

Катаев Е.Н., Кузьмина М.В. Дополнения к кодексу малого лесного предпринимательства Supplement to the code of small-sized enterprises in forest-based industries	4
Набиева Ю.Р. Вероятные направления использования древесного сырья (по материалам зарубежной печати) World trends in wood utilization	5
Першин В.П. Работа при аренде лесов Problems of forest renting	8
Угрюмов Б.И., Д.А Сорокин, Угрюмова С.Н. Инвестиционное стимулирование как один из решающих факторов развития предприятий лесного комплекса Investment stimulation as a key developing factor for forest-based industries	10
Ярослав Мартинек, Павел Мауэр Экологическое использование машин, выпускаемых в учебном лесном предприятии Масариков лес, Кржтины университета имени Менделя г. Брно Green using machinery produced in training forest enterprise Masaricov woods	13

**Новые технологические решения в заготовке,
переработке и отделке древесины**

Агапов А.И. Оптимизация раскроя пиловочника больших размеров с выпиливанием двух брусьев и двух пар боковых досок Improving efficiency of large-sized log cutting by producing two squared beams and two pairs of side boards	18
Арико С. Е., Мохов С. П. Оценка устойчивости валочно-сучкорезно-раскряжевой машины Estimation of harvester stability	24
Бельчинская Л.И., Ходосова Н.А., Стрельникова О.Ю. Создание клеевых композиций с улучшенными экологическими характеристиками Creation of glutinous composition with the improved ecological characteristics	31
Бехта П.А., Козак Р.О., Салабай Р.Г. Улучшение физико-механических свойств древесно-соломенных плит модификацией соломенных частиц Advancing particle boards with modified straw particles	34
Болдырев В.С., Щепкин В.Б., Цуриков А.И. Способ получения секторных клеевых пиломатериалов Manufacturing sector glulam	38
Быкова Е.Л. Проблемы сушки пиломатериалов в газовых сушильных камерах Timber gas-kiln drying issues	41
Газеева Е.А. Энергетический подход в оценке эффективности технологических процессов Energetic approach for processing performance assessment	42

Гарифуллин Д.Ш., Балакин В.М. Получение огнезащитных составов для древесины Manufacturing fire-retardant protection for wood	46
Глухих В.Н., Краснюк Н.Г. Математические модели к составлению компьютерной программы для прогнозирования качества сушки пиломатериалов Mathematical models for developing software for forecasting timber drying quality...	48
Гороновский А.Р., Голякевич С.А. Выбор эффективных параметров привода многооперационных лесозаготовительных машин Parameters determination for effective driving multifunctional forest machines	54
Гороховский А. Г., Мяслицин Ал. В. Снижение затрат энергии при сушке пиломатериалов в камерах непрерывного действия туннельного типа Reducing energy consumption while progressive kiln-drying	59
Гороховский А.Г., Шишкина Е.Е., Гороховский А.А. Оптимизация структуры и величины параметров режимов конвективной сушки пиломатериалов Improving convective timber drying	62
Груздова Т. И., Буриндин В.Г., Выдрина Т. С. Утилизация полимерных пленок применяемых для упаковки мебели и пиломатериалов Utilization of polimer films used for packaging of furniture and timber	69
Данков А.С., Филонов А.А. Исследование способности древесины дуба к гнущю в зависимости от различных температурно-влажностных условий Oak bending ability in depend on different temperature-humidity conditions	71
Завьялов А.Ю., Совина С.В. Клеевые системы для производства клееного стенового бруса Adhesive systems for manufacturing glulam	74
Королькова И.В. Энергетика в лесном комплексе Energetics in wood-based industries	76
Кручинин И.Н. Роль транспортно-производственной системы лесного комплекса в системе устойчивого лесопроизводства Role of logistics in sustainable forest management	79
Кузнецов А.И., Шимон Е.В. К вопросу о технологическо-художественном потенциале лазерного резания древесины Decorative potential of wood cutting with laser	83
Газеев М.В., Марков М.А. Масляные пропитки и восковые мастики в декорировании лестниц из древесины Finishing wooden stairs with oil penetratings and waxes	85
Наливко Е. В., Шетько С. В., Спиглазов А. В. Местный изгиб панелей с бумажным сотовым наполнителем Local bending of panels with paper cellular filler	88
Полухин А.В. Обоснование типов березняков для эффективной заготовки древесного сырья Introduction different types of birch woods for effective wood harvesting	90
Рублева О.А., Кузнецов Г.П. Системный подход к разработке конструкции шиповых соединений и технологии их изготовления System approach in developing, designing and manufacturing worked joints	94
Савельев В.В., Левинский Ю.Б. Экспериментальное исследование состояния клееных армированных балок с предварительным гнутьем древесины Researching bond reinforced glulam	102
Семенюк М.Е. Система электронного учета заготовленной лесопроизводства при ее приемке и отпуске в условиях лесосеки Electronic accounting harvested forest products in cutting areas	106

Стенина Е.И., Веселов А.С. Влияние особенностей сушки на пропитываемость древесины Drying parameters influence on wood penetration	113
Стенина Е.И., Чиканцев П.С. Интенсификация процесса пропитки массивной древесины в автоклавах Intensification of penetrating solid wood in autoclave	116
Тимо Толонен, Тимо Карьялайнен, Герасимов Ю., Соколов А. Система поддержки принятия решений для заготовки древесины по сортиментной технологии и логистики в России Decision support system for cut-to-length wood harvesting and logistics for Russian conditions	120
Уласовец В.Г., Куцубина Е.В. Исследование схем раскроя пиловочного сырья на деревообрабатывающем комплексе "Форест" г. Екатеринбург Available log cutting partens with wood processing complex 'forest', Ekaterinburg ...	122
Уласовец В.Г., Чудинов А.Е. Дробность сортировки пиловочника при проектировании технологического процесса на ООО "Деревообрабатывающий завод" г. Добрянка Saw log grading in wood processing design at "wood processing enterprise" in Dobrianka town	124
Чернышев А.Н. Исследование процессов сушки хвойных пород без искусственного увлажнения в аэродинамических сушильных камерах Researching aerodynamic kiln-drying process of hardwoods without artificial moistening	127
Шадрина Е.В., Гороховский А.Г., Дружинин А.В. О совмещении операций сушки и облагораживания шпона в производстве слоистой карандашной дощечки Coinciding drying and advancing veneer while manufacturing ply slat	131
Шадрина Е.В., Гороховский А.Г., Дружинин А.В. Получение карандашной дощечки слоистой конструкции. Оценка чиночных свойств Manufacturing ply slat. Sharping properties assessment	134
Швец А. В., Заплатин А. Н., Добрачев А.А. Экономический анализ лесотранспортного цикла Economic analysis of logistic cycle in harvesting	138
Шишкина С.Б., Ветошкин Ю.И., Яцун И.В., Соломеин К.С. Определение защитных свойств от рентгеновского излучения лакокрасочной композиции на основе природного минерала Assessment of x-ray protective ability of paint and varnish composition with natural mineral basement	141
Бетковский В.В., Самойленко С.А., Гиндулин И.К., Юрьев Ю.Л. Термомодифицированная древесина Thermo-modified wood	144
Дроздова Н.А., Макарова К.Ю., Панова Т.М. Использование активного угля ОУ-А для повышения коллоидной стойкости пива Using of active charcoal OU-A for bear colloidal stability	146
Плешкова Н.В., Бесхлебная А.С., Юрьев Ю.Л. Переработка неликвидной лиственной древесины на биотопливо Recycling illiquid hardwood for biofuels	151
Пономарев О.С., Юрьев Ю.Л. Экономическая эффективность производства древесноугольных брикетов Economic efficiency of charcoal briquettes manufacturing	154

Деревообработка в индустриальном и малоэтажном домостроении

Липунов И.Н. Проблемы и решения утилизации отходов предприятий лесопромышленного комплекса Solutions to problems of utilizing wastes in forest-based industries	158
Угрюмов Б.И., Гаспарян Г.Д. Состояние рынка деревянного домостроения на примере сибирского федерального округа Wood-framed residential construction market in Siberian federal district	160
Шамаев В.А., Медведев И.Н., Кондратюк В.А. Модифицирование древесины для деревянного домостроения Using modified wood in wood-framed residential construction	165

Прогрессивное деревообрабатывающее оборудование и инструмент

Аникеенко А.Ф. Математическая модель влияния основных переменных факторов на мощность цилиндрического фрезерования ламинированных древесностружечных плит Mathematical model of relations between basic variable factors and capacity of a peripheral milling laminated wood particle boards	171
Власов А.В. Влияние толщины и числа оборотов круглой пилы на её частоты собственных колебаний Relations between thickness and rotary speed of circular saw and its own vibration frequency	177
Гаранин В.Н. Фрезерование древесины инструментом с изменяемыми углами резания Milling wood by the tool with changeable angles of cutting	184
Глебов И.Т. Метод расчета аспирационной системы с разветвленной сетью Design and assessment dust collecting system with multibranch net	193
Глебов И.Т. Ограничения критериев при оптимизации режима резания древесины Determination of parameters for efficient woodcutting	196
Глебов И.Т. Проектирование сборной фрезы Compound router designing	201
Глебов И.Т., Смирнов Е.А. Энергоёмкость нарезания чаш на брёвнах сруба дома Power capacity of shaping log ends while house construction	205
Голенищев А.В., Красных С.В., Худорожков Е.Н., Шавнина М.В. Измерение точности установки ходовых колес грузоподъемных кранов Assessment of correct alignment of crane wheels	207
Голенищев А.В., Красных С.В., Худорожков Е.Н., Шавнина М.В. Методика оценки правильности установки ходовых колес грузоподъемных кранов Assessment of correct alignment of crane wheels	210
Гришкевич А.А. Расчет нормальных напряжений в лезвии дереворежущего инструмента Calculation of normal tension in blade of woodworking tool	212
Гришкевич А.А., Чаевский В. В. Влияние упрочняющих технологий на износостойкость ножей при агрегатной обработке древесины Influence of reinforcing on durability of knives in wood machining	221

Душинина С.А., Морозов А.М. Вибрационное проектирование размалывающей гарнитуры дисковой мельницы Vibration design for crushing disk mill	226
Ивановский А.В. Основные направления по снижению энергоемкости процессов резания древесины Ways of energy saving in cutting wood	228
Кузнецов А.И., Шимон Е.В., Пьянкова Е.С., Ушакова В.А., Ушакова Н.А., Новоселова М.В. К вопросу о режимах лазерного резания шпона ценных пород древесины Laser cutting of valuable timber species veneer	232
Кузнецов А.И., Сабитов Р.З. Цилиндрический механизм резания фрезерных станков с прямым приводом Cylindrical cutting mechanism of direct driving molder	234
Новоселов В.Г., Абдулов А.Р. Исследование твердости неперетачиваемых ножей Studying hardness of perishable cutting edges	236
Раповец В. В. Агрегатная обработка древесины двухлезвийными ножами с получением бруса и технологической щепы Double edges cutting wood with square logs and technological chips production	240
Рогожникова И.Т., Новоселов В.Г., Абдулов А.Р. Экспериментальное исследование зависимости шероховатости поверхности от затупления резца при продольном цилиндрическом фрезеровании древесины Relations between surface roughness and cutting edge dulling in longitudinal cylindrical wood cutting	247
Санников С.П., Сулова С.С., Сулов Д.Г., Колесова Л.А., Шипилов В.В. Метод проектирования измерительного узла с торзиомером для снятия реологических характеристик суспензий Design of measuring torsion unit for rheological characteristics measurement	251
Сулинов В.И., Гороховский А.К., Щепочкин С.В. Стенд для контроля точности сборных дереворежущих фрез Workbench for checking accuracy of compound router for woodworking	255
Сулинов В.И., Хусаинов И.А. Сравнительный анализ роликовых и конвейерных автоподатчиков для фуговальных станков Comparative analysis of roller and conveyor auto-feeders for planer-jointer	257
Черемных Н.Н., Арефьева О.Ю. Жизненный цикл деревообрабатывающей машины Life cycle assessment of woodworking equipment	260
Шабалин Л. А., Старцев С. А. Нагруженность элементов грузоподъемного механизма Loading of elements of the load-lifting mechanism	263

Проблемы безопасности и экологии в деревообработке

Алексеева Л.В., Шатохин А.А. Оценка безопасной организации производства предприятий малого лесопиления Safety assessment in small-sized sawmills	268
Колташева А.В, Первова И.Г., Маслакова Т.И., Скорых Т.В., Липунов И.Н. Аналитические тест-системы в практике анализа экотоксикантов в природных объектах Analytical test-systems in analyzing ecotoxic agents in nature	274

Пугачева И. Н., Никулин С.С., Дмитренко А.И. Переработка и использование целлюлозосодержащих отходов в производстве эмульсионных каучуков Recycling and reusing cellulosic containing waste in emulsion rubber production	277
Старжинский В.Н., Зинин А.В. Шумовой режим предприятий ЦБП Management of noise risks in pulp and paper industries	280
Старкова О.А., Чумарный Г. В. Защита от фактора запылённости - важнейшая задача охраны труда на деревообрабатывающем предприятии Dust protection in woodworking.....	286
Чумарный Г. В. Система управления охраной труда - основные функции, задачи и права работников службы охраны труда на деревообрабатывающем предприятии Safety and health management in woodworking.....	288
EMIL KLIMO Man-made Norway spruce ecosystems in the Czech republic and their ecological consequences.....	292

Проблемы профессионального образования и инжиниринга в деревообработке

Арефьева О.Ю., Черемных Н.Н. Экспериментальная практика моделирования узлов лесотранспортных машин The experimental practice of modeling harvesting machines units	296
Сергеев В.В., Васькин Д.Г. Компетентностный подход и новые ценности высшего образования Competency approach and new values in high education	299

ДЕРЕВООБРАБОТКА:

ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ, МЕНЕДЖМЕНТ XXI ВЕКА

ТРУДЫ V МЕЖДУНАРОДНОГО ЕВРАЗИЙСКОГО СИМПОЗИУМА

Под научной ред. В.Г. Новоселова

Подписано в печать 23.07.2010	Формат 60×84 1/8	
Бумага тип №1	Печать офсетная	
Усл. печ. л. 18,17	Тираж 120 экз.	Заказ №.

ГОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37

Размножено с готового оригинал-макета
Типография «Уральский центр академического обслуживания»
620219, Екатеринбург, ул. Первомайская, 91