

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

ДЕРЕВООБРАБОТКА:

ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ, МЕНЕДЖМЕНТ XXI ВЕКА

**ТРУДЫ
X МЕЖДУНАРОДНОГО
ЕВРАЗИЙСКОГО СИМПОЗИУМА
22–25 сентября 2015 г.**

**ЕКАТЕРИНБУРГ
2015**

УДК 674.05
ББК 37.13
Д36

Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды X Междун. евразийского симпозиума / под науч. ред. В.Г. Новоселова. – Екатеринбург, 2015. – 215 с.

ISBN 978-5-94984-533-2

Д36

В книгу трудов включены доклады X Международного евразийского симпозиума «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века», проходившего с 22 по 25 сентября 2015 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 674.05

ББК 37.13

Организационный комитет:

А.В. Мехренцев – председатель, С.В. Залесов – зам. председателя, Н.А. Шпак – зам. председателя, М.В. Газеев – модератор пленарного заседания и круглых столов, В.Г. Новоселов – ответственный редактор сборника трудов, В.В. Глазырин – модератор выставочной экспозиции, А.В. Солдатов – модератор конкурса профессионального мастерства, А.И. Кузнецов – администратор сайта симпозиума

Редакционная коллегия:

В.Г. Новоселов – ответственный редактор, Э.Ф. Герц, А.Г. Гороховский, В.Н. Старжинский, С.Б. Якимович, О.Н. Чернышев, Л.Т. Раевская, В.П. Часовских, Н.Н. Черемных, А.В. Вураско

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

Ответственный за выпуск сборника В.Г. Новоселов
Компьютерная верстка Е.А. Газеевой
Дизайн обложки М.В. Газеева

ISBN 978-5-94984-533-2

© ФГБОУ ВПО «Уральский государственный
лесотехнический университет», 2015

*Посвящается
70-летию Победы Советского народа в Великой Отечественной войне
и 85-летию Уральского государственного лесотехнического университета*

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Вы держите в руках сборник юбилейного X Международного евразийского симпозиума «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века». Символично, что он проходит в год всенародных торжеств по случаю юбилея Великой Победы и в год юбилея нашего университета. За годы проведения симпозиума в нем приняли участие сотни ученых из более чем 50 различных научных, образовательных и производственных организаций, представлявших более 10 стран дальнего и ближнего зарубежья. Апробированные на симпозиуме научные работы нашли свое применение в производстве, в образовательной деятельности, стали основой подготовки научных кадров высшей квалификации.

Нынешний X Симпозиум проходит в рамках ежегодного Евро-Азиатского лесопромышленного форума и сопряжен с международными выставками «ЭКСПОМЕБЕЛЬ-УРАЛ» и LESPROM-URAL Professional при участии ООО «МВК-Урал», ООО «Дойче Мессе Рус» и Hannover Fairs International GmbH. Лесная индустрия играет сегодня важнейшую роль в решении насущных проблем человечества: экологии, предотвращении глобального изменения климата, обеспечения восполняемыми источниками энергии, рекреации и многих других. Проведение форума – важное событие не только для нашего университета, города Екатеринбурга, но и для всей России. Сочетание конгрессных и выставочных мероприятий предоставляет участникам возможность наладить прямые контакты, продемонстрировать свои достижения. В форуме принимают участие государственные учреждения, коммерческие фирмы, общественные организации и некоммерческие партнерства. Евро-Азиатский форум стал площадкой для профессионального общения и обсуждения наиболее важных проблем в различных отраслях лесопромышленного комплекса. Участие в работе форума студентов и молодых исследователей будет способствовать сохранению и воспроизводству российского интеллектуального капитала, развитию национального инженерного потенциала.

От имени Уральского государственного лесотехнического университета и от себя лично я рад приветствовать Вас на Евро-Азиатском лесопромышленном форуме. Желаю всем плодотворной работы, достижения намеченных целей и отличного настроения!

Ректор УГЛТУ
А.В. Мехренцев

**Эффективность и конкурентоспособность
предприятий лесного комплекса**

**Efficiency and competitiveness of the enterprises
of the forest complex**

УДК 331.103.6

П.А. Бирюков, М.В. Кузьмина, А.А. Терин
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), margo-v66@mail.ru
(ГБУ СО «Уральская база авиационной охраны лесов», Свердловская область, РФ)

**КРИТЕРИЙ ОПТИМАЛЬНОСТИ
ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ МАЛОГО ЛЕСОПИЛЕНИЯ**

**CONCERNING AN OPTIMALITY CRITERION
FOR THE ORGANIZING OF SMALL-BUSINESS SAW-MILLING**

На малых предприятиях производительность лесопильного оборудования в непрерывном производственном потоке позволяет обрабатывать годовой объем поставки лесоматериалов в течение одного-трех месяцев. Необходимо решить проблему: как организовать рабочий процесс и обеспечить гарантированную занятость рабочих цеха на протяжении всего года.

By continuous flow small-business sawmilling the equipment performance makes it possible to process the year's raw timber supply in one three months. The problem has been discussed: how to organize the workflow and provide secure employment throughout a whole.

В процессе реформирования экономики в Уральском регионе произошло «распыление» производства пиломатериалов. Если до 1990 года львиную долю производства пилопродукции выпускали крупные лесокомбинаты (при этом зачастую в экспортном исполнении), то в настоящее время ситуация полярно изменилась. Пиломатериалы изготавливают сотни малых предприятий, организованных на материальной базе цехов товаров народного потребления бывших лесхозов, подсобных цехов промышленных предприятий, строительных организаций, бывших колхозов и совхозов.

Данные обследования 34-х субъектов малого лесного предпринимательства Свердловской области показали, что их годовой объем лесопиления по сырью варьирует от 2,6 до 16,8 тыс. м³. Большинство же вновь организованных на базе ленточно-пильного оборудования малых предприятий имеют годовой объем производства менее 2 тыс. м³ (по сырью).

Ситуация в лесопилении обусловила поиск новых организационно-экономических решений при производстве пилопродукции. Стремление к обеспечению эффективности бизнеса потребовало от предпринимателей решения вопроса – какой выбрать режим работы лесопильных цехов?

Конкретизируем поставленную организационную задачу. Традиционный лесопилец бывших строительных, аграрных и промышленных предприятий оснащен технологическим потоком на базе лесопильной рамы Р63-4 и многопильного станка типа «Авангард» и перерабатывает пиловочное сырье хвойных пород с диаметром бревен 18÷32 см. Чтобы рассмотреть сущность принципиально иного подхода к организации

работы лесоцеха, исходим из условия, что на выходе технологического потока получены обрезные пиломатериалы.

В соответствии с принципами поточного производства для выполнения каждой производственной операции организовано отдельное рабочее место с соответствующим штатом обслуживания (см. таблицу). По расчетам производственная мощность одного потока (соответственно, лесоцеха, при 2-сменном режиме работы) равна 48–54 тыс. м³ по сырью.

В настоящее время коэффициент использования производственной мощности в среднем составляет 17–20 %. Даже при работе в одну смену бригада численностью 13–15 человек, обслуживающая технологический поток, будет задействована менее половины года.

Учитывая, что пиловочное сырье поступает в лесоцех постепенно, по мере его заготовки предпринимателем, то бригада будет трудиться в неделю 2–3 дня. Это не способствует эффективной загрузке оборудования во времени, вызывает снижение заработной платы рабочих, создает социальное напряжение на предприятии и провоцирует наиболее квалифицированных рабочих (рамщиков и станочников) заняться поиском нового места работы.

Таким образом, традиционный подход к организации работы лесоцеха в малом лесопилении себя изжил. Руководство предприятий методом проб и ошибок ищет более целесообразные варианты. В их основе – достижение круглогодичной занятости рабочих в лесоцехе при существенном снижении сменной производительности оборудования. За счет совмещения профессий в бригаде, создания межоперационных запасов предмета труда (особенно у обрезных и торцовочных станков), привлечения квалифицированных рабочих к ручным операциям уменьшают состав бригады. В течение смены рабочие будут перемещаться с одного рабочего места (выключая механизированные РМ) на другое.

Характеристика производственного процесса

Производственные операции	Норма времени*, чел.-час/м ³ сырья	Штат обслуживания оборудования
Подача бревен в лесоцех	0,16	Транспортер – 2 человека
Распиловка бревен (получение двухкантного бруса и необрезных досок)	0,33	Лесорама – 2 человека
Обрезка кромок необрезных досок и укладка их в пакет	0,12	Обрезные станки, транспортер, торцовочный станок – 2 человека
Распиловка двухкантного бруса, удаление горбыля и срезок из рабочей зоны	0,36	Многопильный станок – 2 человека
Сортировка досок на группы по сортам и их пакетирование	0,18	3 человека
Укладка в пакеты горбыля и срезок, перемещение их кран-балкой на площадку отгрузки	0,19	Кран-балка – 1 человек
Перемещение пакетов досок из цеха кран-балкой на площадку для отгрузки	0,18	Кран-балка – 2 человека
Прочие работы	0,12	1 человек
Итого	1,64	15 человек

Все нормы времени скорректированы для сопоставимости показателей расчетом их на 1 м³ пиловочного сырья.

Оптимизировать численность рабочих в бригаде лесоцеха, добиваясь их постоянной занятости в течение всего года, рекомендуем следующим образом. Например, годовой объем производства лесоцеха по сырью составляет 9200 м³. По плану лесоцех должен в году отработать 236 смен.

Среднесменный (суточный) объем производства в лесоцехе по сырью составит

$$Q_{см} = \frac{Q_{год}}{T_{эфф}} = \frac{9200}{236} = 39 \text{ (м}^3\text{ сырья/смена),}$$

где $Q_{год}$ – годовой объем лесопиления, м³ сырья;

$T_{эфф}$ – количество эффективных смен работы лесоцеха в году (при односменном режиме).

В таблице указана комплексная норма времени, учитывающая трудовые затраты на 1 м³ сырья, независимо от способа организации работы лесоцеха, $H_{вр}^к = 1,64$ чел.-час/м³.

Соответственно, комплексная выработка в лесоцехе при 8-часовой продолжительности смены равна $H_{выр}^к = \frac{1T_{см}}{H_{вр}} = \frac{1 \cdot 8}{1,64} = 4,9$ м³/чел.-дн.

Тогда численный состав бригады в цехе, гарантирующий постоянную занятость рабочих, должен быть $N = \frac{H_{вр} Q_{см}}{T_{см}} = \frac{1,64 \cdot 39}{8} = 8$ чел.

В реальных условиях предприятие, учитывая запросы заказчиков, выпускает как обрезные, так и необрезные пиломатериалы. Задача определения численного состава бригады в малом лесопилении несколько усложняется. Соответствующие рекомендации приведены в учебном пособии П.А. Бирюкова, М.В. Кузьмина*.

Принципиальным в данном подходе является сознательное снижение сменной отдачи лесопильного оборудования, хотя годовая нагрузка технологического оборудования не меняется. Также неизменен коэффициент использования производственной мощности лесоцеха.

Такой подход реализован на ряде предприятий малого лесного бизнеса, основным профилирующим производством которых является лесопильное. В результате ими достигнута стабильность кадрового состава лесоцеха, обеспечена гарантированная ежемесячная зарплата каждому рабочему, вероятность социальных конфликтов сведена к минимуму, повышена эффективность труда квалифицированных работников – рамщиков и станочников.

* Бирюков П.А., Кузьмина М.В. Оперативно-производственное планирование на лесопромышленном предприятии: учеб. пособие. Екатеринбург: Урал. гос. лесотех. ун-т, 2012. С. 82–86.

УДК 338.27

П.А. Бирюков, М.В. Кузьмина
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), margo-v66@mail.ru

ВЫЗОВЫ И РИСКИ РЕФОРМИРОВАНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

CHALLENGER AND RISKS IN COURSE OF REFORMING OF THE FOREST SECTOR

Реформирование лесных отношений в стране приобрело перманентный характер. С целью повышения эффективности новаций в лесном хозяйстве следует предвидеть вероятные вызовы и обстоятельно просчитывать ожидаемые риски.

Reforming of the national forestry relations has become inherently permanent. In order to improve efficiency of novations in the forest sector it is necessary to foresee probable challenges and thoroughly perceive expected risks.

Результаты анализа деятельности по воспроизводству лесных ресурсов и их защите, неизменно критические оценки со стороны экспертов существующей практики лесных отношений, постоянные корректировки Лесного кодекса РФ правоустанавливающего характера свидетельствуют о том, что реформирование лесного хозяйства приобрело перманентный характер.

По нашему мнению, сегодня для выработки новаций лесохозяйственной направленности предварительно следует изучать вызовы и риски, присущие системе лесных отношений. В статье предпринята попытка обозначить часть из них, чтобы более объективно оценивать ситуацию в лесном хозяйстве и качественно повышать уровень принимаемых управленческих решений для достижения позитивных результатов в лесохозяйственном производстве.

Предваряя наши соображения, излагаем сущность термина «вызовы», широко применяемого в экономической теории. Вызовы – это обусловленные общественным ожиданием требования, оперативный учет которых в менеджменте способствует преодолению кризисных тенденций в развитии и получению с позиций населения и власти позитивных результатов.

Наиболее значимые вызовы, подлежащие учету при реформировании лесного хозяйства, таковы:

а) настоятельность поэтапного обоснованного перехода от устаревшей экстенсивной модели управления к интенсивной;

б) совершенствование с учетом специфики лесохозяйственного производства и лесных отношений основных элементов механизма рыночных отношений в отрасли;

в) изменение с целью повышения эффективности лесопользования и мер по воспроизводству и охране лесов правоустанавливающих положений, регулирующих арендные отношения;

г) разработка и введение в практику хозяйствования других видов лесопользования, стимулирующих развитие малого лесного предпринимательства и снижающих социальную напряженность на лесных территориях;

д) осуществление государством мер по улучшению использования огромного потенциала лесов страны, соответственно должного пополнения государственного бюджета и адекватного запросам лесного хозяйства финансирования;

е) проведение органами власти мер по развитию кадрового потенциала, способствующих закреплению работников в лесном хозяйстве и улучшению их материального положения и социального обеспечения.

То, что указанные вызовы обоснованны, подтверждает статистика. По данным за 2014 год лесной потенциал страны (заготовка древесины) использован только на треть; доходы от лесного хозяйства на федеральном уровне составили 17,4 млрд руб. (всего с учетом бюджетов субъектов РФ – 23,2 млрд руб.), в то время как обоснованная нормативами потребность лесного хозяйства в финансовых ресурсах равна 76,4 млрд руб.; объемы создания лесных культур ежегодно снижаются (сокращение в 1,5 раза по сравнению с 1997 годом); на 62 % лесных площадей материалы лесостроительства имеют давность свыше 15 лет (по нормативу – не более 10 лет) и т.д.

Что касается эффективности действующей системы аренды лесов, то она оказалась не привлекательна для лесопользователей. По состоянию на 2014 год в аренду сдано только 20 % предназначенной для лесопользования территории.

Понятно, что по географическим причинам данная величина не очень показательна. Но в достаточно заселенном Приволжском ФО передано в аренду только 51,5 %, в Центральном ФО – 50,6 %, в Уральском ФО – 18,8 % лесных земель.

Средняя ставка арендной платы по стране равна 47,3 руб./м³ (меньше \$1). В США, например, этот показатель равен \$51, в Швейцарии – \$48, в Канаде – \$14. Но даже при столь низкой арендной плате доход от аренды лесов составил 87,5 % от всего лесного дохода страны. 80 % лесной территории РФ (свободных от арендных отношений) требуют субсидий и субвенций от государства для поддержания лесов в приемлемом состоянии, не принося никакого дохода в казну.

Риски – это не что иное, как помехи, которые нельзя просто игнорировать. При осуществлении производственных процессов и реализации продукции неучтенные риски обуславливают неудачи в экономическом и социальном отношении (вплоть до банкротства).

Особо отмечаем риски, связанные с выдвинутой идеей создания специализированных лесохозяйственных предприятий (лесхозов). В правовом отношении решение о создании лесхозов, получающих статус предприятий коммерческого типа и выполняющих объемы лесохозяйственных работ на несданных в аренду лесных территориях, принято. Но важно заблаговременно оценить риски организации лесхозов нового типа (предприятий, выполняющих только производственные функции), особенно если они станут по Уставу субъектами хозяйствования с частной формой собственности.

Эффективное функционирование создаваемых лесхозов как коммерческих предприятий с позиций развития лесного хозяйства будет затруднено по следующим причинам:

а) дисбаланс интересов коммерческого субъекта и органов управления лесного хозяйства, отвечающих за воспроизводство и охрану лесов (зачастую расценки на лесохозяйственные работы меньше фактических затрат);

б) жесткая конкуренция со стороны других местных предпринимателей, ориентированных на производство лесопроductии, аграрную деятельность и строительные подряды;

в) ограниченный доступ к ресурсам хвойной крупномерной древесины – сырью для лесопильного производства и последующей переработки;

г) низкий спрос на тонкомерную листовых пород древесину от рубок ухода и санитарных рубок (в том числе дров) в зонах с невысокой плотностью населения;

д) сезонный характер всех видов работ, зачастую требующих значительных затрат ручного труда;

е) дефицит собственных финансовых ресурсов и дороговизна коммерческого кредита для приобретения лесной техники и оборудования для глубокой переработки всех видов древесного сырья и отходов;

ж) удаленность потребителей изделий из древесины от мест их изготовления;

з) неразвитость транспортной инфраструктуры лесных территорий;

и) низкий текущий уровень технической оснащенности для выполнения как лесохозяйственных работ, так и производственных операций промышленного характера.

Весомость конкретных рисков во многом предопределена местом базирования создаваемого лесхоза, характеристиками лесов в зоне тяготения; степенью урбанизации территории, транспортной и энергетической инфраструктурой. По нашим оценкам, в ряде зон Свердловской области риски при создании лесхозов нового типа сведены до минимума. В результате организации таких лесохозяйственных предприятий ряд кризисных тенденций в отрасли будет преодолен, но не повсеместно.

Чтобы гарантировать ожидаемые положительные экономический, экологический и социальный эффекты, созданию лесхозов нового типа должна предшествовать серьезная проектная проработка.

УДК 674.053: 621.933: 338.001.36

В.М. Кириченко, Л.А. Перепелкина, В.Г. Новоселов
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) kvmek@mail.ru, lap@usfeu.ru

ОДИН ИЗ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАЛЫХ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

ONE OF WAYS OF INCREASE OF EFFICIENCY OF THE SMALL TIMBER INDUSTRY ENTERPRISES OF THE URAL REGION

Рассмотрен один из инструментов инновационного развития лесного сектора экономики Уральского региона через модернизацию лесопильного производства.

Consider one of the tools of innovative development of forest sector of economy of the Ural region by upgrading the sawmill.

Развитие малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации является частью государственной социально-экономической политики [1].

Сфере малого и среднего предпринимательства принадлежит роль одного из важных факторов, определяющих долговременные тенденции развития Уральского федерального округа. Наличие крупного промышленного и научно-технического потенциала, развитого инфраструктурного комплекса, квалифицированных кадров и богатых природных ресурсов обеспечивает округу развитие малого и среднего предпринимательства. Свердловская область признана лидером среди субъектов РФ по уровню развития малого и среднего бизнеса.

По данным Минэкономразвития РФ, в 2013 году доля малого бизнеса в структуре ВВП России составляет около 25 % от общей численности экономически активных граждан, и это является значимой частью экономики. Если создать условия для финансовой легализации малых предприятий, то можно увеличить долю малого бизнеса до 40–50 % ВВП, что соответствует уровню развитых стран. Госпрограмма поддержки малого бизнеса будет ориентирована прежде всего на предприятия, которые работают в промышленности и в инновационных секторах экономики [2]. Следует отметить, что положение в нынешних условиях не улучшается, а, скорее, ухудшается. В последние годы не наблюдается значительного развития малого и среднего бизнеса, как в прошлые десятилетия. По предварительным оценкам доля малого и среднего бизнеса в 2014 году составила 20 %. Более того, за последнее время были приняты нормативно-правовые акты, направленные на увеличение фискальной и нефискальной

нагрузки на малый бизнес, вводятся новые административные барьеры. Это только усугубляет положение малого бизнеса, особенно в кризис [3].

Несмотря на существующие проблемы, малый промышленный бизнес в настоящее время динамичен и эффективен. Сдерживающим моментом развития малого бизнеса является материально-техническая база и недостаточный объем основных источников финансирования: собственного капитала, бюджетных средств и условий кредитования.

Лесной сектор экономики относится к одной из древнейших отраслей. Во второй половине XX столетия отрасль под влиянием научно-технического прогресса существенно преобразилась, что способствовало снижению себестоимости и повышению качества продукции, сокращению количества отходов. Важной составляющей лесного сектора является деревообрабатывающая отрасль, основой которой служит лесопильное производство. По различным оценкам экспертов и аналитиков, потребность в пиломатериалах в перспективе будет расти за счет увеличения объема потребления на внутреннем рынке, при этом экспорт несколько снизится. Возможно, что на этот процесс будет влиять вступление России в ВТО.

В настоящее время в РФ зарегистрировано около 32-х тысяч предприятий по переработке древесины. Из них 43,6 % – малые и микропредприятия [4]. Малые лесопильные предприятия применяют оборудование различных типов и назначений. Применяемое оборудование различается по цене, по своим техническим характеристикам, эксплуатационным затратам, сроку службы, производительности и выходу пиломатериалов. Каждый из видов оборудования имеет свои преимущества и недостатки, которые проявляются в определенных условиях.

Выработка регионами стратегии инновационного развития – один из важных инструментов преодоления отсталости России. Модернизация – это ответ на вызов, попытка переключить страну на развитие и увести ее с застойной траектории [5]. При ограниченных финансовых ресурсах обновление парка машин и оборудования на предприятиях малого промышленного бизнеса достаточно проблематично и связано с привлечением заемных средств. Более мягким путем с точки зрения финансовых рисков для малого бизнеса лесного сектора является модернизация имеющегося оборудования. Это позволяет при минимальных финансовых затратах обеспечить на производстве повышение производительности ведущего оборудования и снизить текущие затраты на единицу продукции, что обуславливает повышение эффективности производства малого промышленного бизнеса лесного сектора экономики Уральского региона.

Рассмотрим повышение эффективности производства на примере модернизации лесопильного оборудования. В Уральском государственном лесотехническом университете (УГЛТУ) разработан модернизированный вариант тарной лесопильной рамы РТ-40 с измененными конструкциями пильной рамки и верхним захватом крепления рамных пил [6].

Для оценки ее работоспособности проводились комплексные исследования напряженно-деформированного состояния пильной рамки в лаборатории кафедры деталей машин УГЛТУ на опытном образце тарной лесопильной рамы при различных режимах работы. По результатам исследований заводу-изготовителю был предложен облегченный на 9 % вариант пильной рамки с измененными верхними захватами пил, исключаящими деформацию боковин верхней поперечины в плоскости их наименьшей жесткости; напряжение в опасных сечениях этой детали от натяжения пил при исследовании таких захватов снизилась примерно на 30 %, что дало возможность увеличить частоту вращения коленчатого вала на 4 %. Соответствующие изменения были внесены в техническую документацию [7].

При расчете экономической эффективности использования модернизированной лесопильной рамы в производстве тары в обособленном структурном подразделении – Уральском учебно-опытном лесхозе УГЛТУ – был выбран традиционный простой

способ обоснования целесообразности инвестиций в модернизацию действующего оборудования – метод сравнительной экономической эффективности.

Преимущества модернизированной тарной лесопильной рамы Р-40 по техническим характеристикам очевидны: проведенные комплексные исследования, испытания и конструктивные изменения элементов пильной рамки позволили снизить ее массу, увеличить надежность, повысить производительность тарной лесопильной рамы, обеспечить необходимую точность размеров и формы пиломатериалов. Затраты на модернизацию окупаются за счет увеличения производительности оборудования и снижения текущих затрат на выпуск единицы продукции. Исходные данные для расчета экономической эффективности модернизации тарной лесопильной рамы РТ-40 представлены в таблице 1.

Совершенствование и модернизация лесопильной рамы РТ-40 повлекли дополнительные капитальные вложения, $K_{ДОП}$: $Z_{НИР}$ – затраты на научно-исследовательскую работу; $Z_{ДЕМ}$ – затраты на демонтаж исследуемого узла; $Z_{МОНТ}$ – затраты на монтаж модернизированного узла; $Z_{ИЗМ.КОНС}$ – затраты на изменение конструкции узла, принимаем 50 000 руб.

Таблица 1

Исходные данные для расчета экономической эффективности тарной лесопильной рамы РТ-40 до модернизации ($i = 1$) и после модернизации ($i = 2$)

Наименование параметра	Единица измерения	Вариант (i)	
		1	2
Частота вращения коленчатого вала, n_i	мин ⁻¹	480	500
Масса лесопильной рамы, m_i	т	3,9	3,886
Масса пильной рамки, $m_{ПР}^i$	кг	151,7	138,1
Стоимость лесопильной рамы, C_1 и $C_2 = C_1 + K_{ДОП}$	руб.	400 000	450 000

Произведем необходимые расчеты для получения экономической эффективности тарной лесопильной рамы РТ-40 для двух вариантов.

Объем производства в год V_i (где $ПМ$ – производственная мощность потока), м³:

$$V_i = ПМ = M_{ЧАС.ОД}^i T_{ЭФ}, \quad (1)$$

где $M_{ЧАС.ОД}^i$ – часовая производительность на основе одной лесопильной рамы, м³/час;

$T_{ЭФ}$ – эффективное время работы оборудования в год, час:

$$T_{ЭФ} = T_{СМ} T_{Г}, \quad (2)$$

где $T_{СМ}$ – эффективное время работы оборудования в смену, принимаем 6,9 часа;

$T_{Г}$ – количество рабочих дней в году, принято 250 дней.

$$M_{ЧАС.ОД}^i = \frac{M_{ЧАС.СП}^i}{1 + \sigma}, \quad (3)$$

где $M_{ЧАС.СП}^i$ – часовая производительность на основе спаренных лесопильных рам, м³/час;

σ – коэффициент брусочки, принимаем 0,56.

$$M_{ЧАС.СП}^i = \frac{S_0 n_i 60 K k_{ИС} q}{1000 l}, \quad (4)$$

где S_0 – подача за один оборот вала (принимается минимальный из трех значений на основании произведенных расчетов: S_K , S_P , S_M^1 и S_K^2 , м) [9];

K – коэффициент хода пильной рамки $K = H/600$;

H – ход пильной рамки, равен 250 мм [8];

$k_{ИС}$ – коэффициент использования лесопильной рамы, принимаем 0,87;

q – объем распиливаемого пиломатериала, принимаем 0,12 м³;

l – длина распиливаемого пиломатериала, принимаем 4 м.

Максимальная подача по **качеству материалов** S_K , мм:

$$S_K = U_Z \frac{H}{t}, \quad (5)$$

где U_Z – средняя толщина стружки для зубьев, принимаем 1,0 мм;
 t – шаг между зубьями пилы, равен 16 мм.

Максимальная подача по **работоспособности пил** S_P , мм:

$$S_P = \sqrt{\frac{U_Z \theta \beta}{h_{\max} \alpha_\beta}} H, \quad (6)$$

где θ – коэффициент емкости впадин, принимаем 0,5;
 β – коэффициент заполнения впадин, принимаем 0,6;
 h_{\max} – наибольшая толщина распиливаемого материала, равна 120 мм [8];
 α_β – коэффициент уплотнения стружек по сравнению с недеформированной древесиной, принимаем 0,65.

Максимальная подача на оборот, **ограниченная мощностью электродвигателя механизма резания** S_M^i , мм:

$$S_M^i = \frac{6 \cdot 10^7 P_{\text{ПР}} \eta_{\text{ПР}} \alpha_\rho F_{\text{уд}} H b_{\text{Л}}}{Z n_i h_{\min} t \alpha_\lambda b + f h_{\max}}, \quad (7)$$

где $P_{\text{ПР}}$ – мощность электродвигателя главного привода, равна 37,0 кВт [8];
 $\eta_{\text{ПР}}$ – КПД привода механизма резания, принимаем 0,65;
 α_ρ – поправочный коэффициент на затупление зубьев пил, принимаем 1,17;
 $F_{\text{уд}}$ – удельная сила резания, принимаем 7,2 Н/мм²;
 $b_{\text{Л}}$ – длина лезвия зуба, равна 1,7 мм;
 Z – количество пил (пропилов), 18 шт.;
 h_{\min} – минимальная толщина распиливаемого материала, равна 40 мм [8];
 α_λ – касательное давление на переднюю поверхность лезвия от трения стружки в пропиле для разведенных зубьев, принимаем 35,0 МПа;
 b – ширина пропила, равна 2,4 мм;
 f – удельное сопротивление трения опилок в пропиле, принимаем 0,25 МПа.

Принимаем $S_O = 15,5$ мм – $\min(S_K, S_P, S_M^1 \text{ и } S_M^2)$.

Расценка за 1 м³ пиловочника P_i , руб./м³:

$$P_i = \frac{(T_{5P} + T_{4P}) 8}{H_{B_i}}, \quad (8)$$

где T_{5P} – часовая тарифная ставка рабочего 5-го разряда, принимаем 293,50 руб./час;
 T_{4P} – часовая тарифная ставка рабочего 4-го разряда, принимаем 253,64 руб./час;
 H_{B_i} – норма выработки (производительность), м³/смену.

$$H_{B_i} = \frac{S_O n_i T_{\text{ПС}} K_{\text{ВР}} K_{\text{ПЛ}} q}{1000 l}, \quad (9)$$

где $T_{\text{ПС}}$ – продолжительность смены, принимаем 480 мин;

$K_{\text{ВР}}$ – коэффициент использования рабочего дня, принимаем 0,86;

$K_{\text{ПЛ}}$ – коэффициент плотности, учитывающий холостой ход пильной рамки, возникающий между торцевыми разрывами бревен принимаем 0,38.

На основании исходных данных и расчетных формул, представленных в расчетно-аналитической таблице 2, выполнены экономические расчеты годовых эксплуатационных, трудовых и стоимостных затрат для базового (1) и модернизированного (2) вариантов пильной рамки тарной лесопильной рамы РТ-40.

Себестоимость распиловки 1 м³,
откорректированная на увеличенный объем производства

Статьи расходов	До модернизации лесопильной рамы				После модернизации на объем производства, С ₂ , 5641 м ³	
	Фактические затраты на объем производства, С ₁ , 5399 м ³		Приведенные затраты на объем производства, 5641 м ³		Всего затрат	на 1 м ³
	Всего затрат	на 1 м ³	Всего затрат	на 1 м ³		
Основная и дополнительная заработная плата основных производственных рабочих, ЗП _и , руб.	1 024 623	189,78	1 070 550	189,78	1 027 736	182,19
Зарплата вспомогательных производственных рабочих, ЗП _{всп.р.и} , руб.	409 849	75,91	428 220	75,91	411 094	72,88
Отчисления на социальные нужды основных производственных рабочих, О _{осн.р.} ^и , руб.	307 387	56,93	321 165	56,93	308 321	54,66
Отчисления на социальные нужды вспомогательных производственных рабочих, О _{всп.р.} ^и , руб.	122 955	22,77	128 466	22,77	123 328	21,86
Топливо и электроэнергия на технологические цели, ТЭ, руб.	260 615	48,27	272 297	48,27	260 615	48,27
Амортизационные отчисления, А _и , руб.	104 400	21,06	108 969	21,06	117 450	22,70
Затраты на текущий ремонт и обслуживание лесопильной рамы, С _{тр.и} , руб.	117 322	21,73	122 581	21,73	118 353	20,98
Общехозяйственные расходы (накладные), Н _и , руб.	756 626	140,14	790 540	140,14	759 275	135,60
Итого	3 103 777	576,59	3 242 788	576,59	3 126 172	559,14

Себестоимость распиловки 1 м³ пиломатериалов С_{уд_и}, руб.:

$$C_{уд_i} = \frac{ЗП_i + O_{осн.р.}^i + ТЭ + А_i + C_{тр_i} + Н_i}{B_i}, \quad (10)$$

где ЗП_и – основная и дополнительная заработная плата основных производственных рабочих, руб.;

О_{осн.р.}^и – отчисления на социальные нужды (составляют 30 % от фонда заработной платы основной и дополнительной основных производственных рабочих, ЗП_и), руб.;

ТЭ – топливо и электроэнергия на технологические цели, руб.;

А_и – амортизационные отчисления, руб.;

С_{тр.и} – затраты на текущий ремонт и обслуживание лесопильной рамы, руб.;

Н_и – общехозяйственные расходы (накладные), руб.

$$3\Pi_i = T\Phi_{3\Pi}^i K_{3\Pi}, \quad (11)$$

где $T\Phi_{3\Pi}^i$ – тарифный фонд заработной платы, руб.;

$K_{3\Pi}$ – интегральный коэффициент, учитывающий начисления на заработную плату.

$$T\Phi_{3\Pi}^i = P_i B_i, \quad (12)$$

$$K_{3\Pi} = K_C K_D K_P, \quad (13)$$

где K_C – стимулирующий коэффициент, принимаем 1,1;

K_D – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату, принимаем 1,2;

K_P – районный коэффициент, равен 1,15.

$$TЭ = \frac{PK_{CT}T_{ЭФ}\Pi_{ЭЛ}}{\eta_T}, \quad (14)$$

где P – суммарная мощность электродвигателей лесопильной рамы, равна 41,6 кВт;

K_{CT} – коэффициент спроса токоприемников, принимаем 0,7;

$\Pi_{ЭЛ}$ – цена 1 кВт/час электроэнергии, принимаем 4,41 руб.;

Π_T – КПД токоприемников, принимаем 0,85.

$$A_i = 0,18\Pi_i K_{TMP}, \quad (15)$$

где Π_1 – стоимость лесопильной рамы до модернизации, принимаем 400 000 руб.;

$\Pi_2 = \Pi_1 + K_{ДОП}$ – стоимость лесопильной рамы после модернизации, 450 000 руб.;

K_{TMP} – коэффициент транспортно-монтажных работ, принимаем 1,45.

$$C_{TPi} = (R_{Mi}P_M C_M) + (R_{Эч}P_Э C_Э) + P_{Иi} + C_M + \Pi_{Pi}, \quad (16)$$

где R_{Mi} – показатель ремонтной сложности для механической части лесопильной рамы;

P_M – затраты времени на единицу ремонтной сложности в нормо-часах для механической части лесопильной рамы принимаем 43 чел./час в год;

C_M – стоимость (нормо-час) единицы ремонтной сложности для механической части лесопильной рамы принимаем 109 руб.;

$R_{Эч}$ – показатель ремонтной сложности для электрической части;

$P_Э$ – затраты времени на единицу ремонтной сложности в нормо-часах для электрической части лесопильной рамы принимаем 11 чел./час в год;

$C_Э$ – стоимость (нормо-час) единицы ремонтной сложности для электрической части лесопильной рамы принимаем 210 руб.;

$P_{Иi}$ – расходы режущего инструмента (тонкие рамные пилы 3400-0005 по ГОСТу 10482-74 – минимум 2 комплекта): для 1-го варианта – 36 шт., принимаем 10 800 руб.; для 2-го варианта – 40 шт., принимаем 12 000 руб.;

C_M – расходы смазочных материалов (солидол – 46,7 кг; циатим – 25,2 кг; масло индустриальное – 245,4 л), принимаем 13 100 руб.;

Π_{Pi} – прочие затраты – 0,5 % от прямых затрат, руб.

$$R_{Mi} = K_M (0,532m_i + 0,196V 0,056 \cdot 2,8)R_{Mч} K_T, \quad (17)$$

где K_M – коэффициент металлоемкости лесопильной рамы, принимаем 1,0;

V – габаритный объем лесопильной рамы (1,58/1,52/2,093 м), равен 5,03 м³ [8];

$R_{Mч}$ – показатель ремонтной сложности для механической части, принимаем 5 усл. ед.;

K_T – коэффициент точности для лесопильной рамы, принимаем 1,25.

$$\Pi_{Pi} = 3\Pi_i + A_i, \quad (18)$$

$$R_{Эч} = 1,2(K_{ПР} \sqrt{P} + 1,15z), \quad (19)$$

где $K_{ПР}$ – коэффициент приведения к синхронному двигателю, принимаем 0,7;

z – число электродвигателей, равно 4 шт. [8].

$$H_i = 3П_{Всп.р}^i + O_{Всп.р}^i + A_{СОФ} + C_{ТРi}, \quad (20)$$

где $3П_{Всп.р}^i$ – заработная плата вспомогательных производственных рабочих, руб.;

$O_{Всп.р}^i$ – отчисления на социальные нужды (составляют 30 % от фонда заработной платы вспомогательных производственных рабочих, $3П_{Всп.р}^i$), руб.;

$A_{СОФ}$ – амортизация сопутствующих основных средств (равна 5 % от стоимости помещения, в котором установлено оборудование), принимаем 106 500 руб.

$$3П_{Всп.р}^i = 0,43П_i. \quad (21)$$

На основании исходных данных и расчетных формул, представленных в аналитической таблице 2, выполнены экономические расчеты годовых эксплуатационных, трудовых и стоимостных затрат для базового (1) и модернизированного (2) вариантов пильной рамки тарной лесопильной рамы РТ-40.

Из полученных данных рассчитаем годовой экономический эффект \mathcal{E} , руб., условно-годовую экономию $\mathcal{E}_{УС}$, руб., и снижение себестоимости операции (распиловка), ΔC , %.

Годовой экономический эффект \mathcal{E} , руб.:

$$\mathcal{E} = [(C_{ВД1} + E_H K_{ВД1}) - (C_{ВД2} + E_H K_{ВД2})] B_2, \quad (22)$$

где E_H – нормативный коэффициент эффективности, принимаем 0,25;

Удельные капитальные вложения, руб.: $K_{ВД}^i$ – при объеме действующего производства, $K_{ВД}^i$ – при проектном объеме производства.

$$K_{ВД}^i = \frac{Ц_i K_{ТМР}}{B_i}, \quad (23)$$

где $K_{ТМР}$ – коэффициент транспортно-монтажных работ, принимаем 1,45.

Условно-годовая экономия затрат по операции распиловка ($\mathcal{E}_{УС}$) при годовом объеме $B_2 = 5641 \text{ м}^3$:

$$\mathcal{E}_{УС} = (C_{ВД1} - C_{ВД2}) B_2. \quad (24)$$

Снижение себестоимости операции (распиловка) ΔC , %:

$$\Delta C = \frac{C_1 - C_2}{C_1} 100 \%, \quad (25)$$

где C_i – себестоимость распиловки годового выпуска на проектный объем производства, руб.

$$C_i = C_{ВДi} B_2 \quad (26)$$

Как показали расчеты, модернизация существующего лесопильного оборудования является действенным путем повышения эффективности производства на малых лесопромышленных предприятиях. Объем дополнительных капитальных вложений составит 50 000 руб. Себестоимость каждого кубометра на операции распиловка снизится на 26 руб. 45 коп., или 3,9 %. Условно-годовая экономия затрат по операции распиловка при годовом объеме 5641 м^3 после модернизации составит 94 430 руб. Годовой экономический эффект – 82 746 руб. Окупаемость дополнительных капитальных вложений, связанных с модернизацией оборудования, – менее года.

Библиографический список

1. Российская Федерация. Законы. О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации: [принят Гос. Думой 24.07.2007 № 209-ФЗ (ред. от 28.12.2013)]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_157188/ / (Дата обращения: 20.04.2015 г.).

2. Информационно-аналитические материалы о секторе малого и среднего предпринимательства РФ, а также мерах, направленных на его развитие: отчет Министерства экономического развития. – URL: <http://economy.gov.ru/> (Дата обращения: 17.10.2013 г.).

3. ЛигаЗакон: юридический портал. – URL: <http://www.ligazakon.ru/main/8092-dolya-malogo-biznesa-v-vvp-rossii-sostavila-20-procentov.html> / (Дата обращения: 16.04.2015 г.).

4. Велиева О.В. Оценка финансового состояния предприятий лесного комплекса: мат-лы VIII Междун. евразийского симпозиума «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века» / О.В. Велиева, Ю.А. Капустина, Ю.Н. Ростовская. – Екатеринбург, 2013. – URL: http://symposium.forest.ru/article/2013/1_management/pdf/Rostovskaya2.pdf / (Дата обращения: 07.05.2015 г.).

5. Экономическая безопасность России: уроки кризиса и перспективы роста / под ред. В.А. Черешнева, А.И. Татаркина, М.В. Федорова. – Т. 1. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2012. – 1312 с.

6. Кириченко В.М. Производственные испытания пильной рамки тарной лесопильной рамы РТ-40 / В.М. Кириченко, Л.А. Шабалин // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: мат-лы IX Всерос. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2013. – Ч. 1. – 347 с.

7. Захват верхний для натяжения тарной пилы: пат. 134846 Рос. Федерация МПК(51) В27В 3/30 / Кириченко В.М., Шабалин Л.А.; заявитель и патентообладатель Урал. гос. лесотехн. ун-т. – 2013101474/13; заявл. 10.01.2013; опубл. 27.11.2013, Бюл. № 33. – 4 с.

8. Рама лесопильная тарная модели РТ-40: руководство по эксплуатации / Главдревстанкопром; Мин-во станкостроительной и инструментальной промышленности СССР, 1987. – 129 с.

9. Глебов И.Т. Справочник по резанию древесины / И.Т. Глебов, В.Г. Новоселов, Л.Г. Швамм; Урал. гос. лесотехн. акад. – Екатеринбург, 1999. – 190 с.

УДК 630.6

А.О. Леонович

(БГУ, кафедра аналитической экономики и эконометрии,
г. Минск, Республика Беларусь); nikols.ltd@gmail.com

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНТРОЛЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

IMPROVE CONTROL OF BUSINESS ENTERPRISE WOODWORKING INDUSTRY

В статье анализируются и предлагаются пути усовершенствования системы управления предприятиями лесной и деревообрабатывающей промышленности. Предложено повысить эффективность управленческих решений путем применения информационных технологий.

The paper analyzes and proposes ways to improve the management of enterprises of wood and wood-processing industry. Proposed to increase the effectiveness of management decisions through the use of information technology.

На современном этапе для совершенствования контроля хозяйственной деятельности предприятий деревообрабатывающей промышленности необходимо создать условия для внедрения информационных технологий. С этой целью необходимо обеспечить современные методы идентификации выпускаемой продукции и иметь полную нормативную базу. Для выхода на мировые рынки продукция должна быть высокого качества и сертифицирована в соответствии с требованиями европейских и иных стандартов, действующих на территориях, куда планируется поставить продукцию.

Для проведения испытаний по европейским стандартам необходимо внедрение в нормативную базу Госстандарта Республики Беларусь и отрасли для фанерной продукции двадцать шесть европейских стандартов, для плит МДФ и ДСтП – двадцать стандартов.

Для внедрения плитной продукции в строительную индустрию необходимо строгое соблюдение требований стандартов. Для активизации поставок продукции в строительство в Республике Беларусь внедрен стандарт СТБ EN 13986, соответствующий европейскому стандарту, который определяет перечень необходимых испытаний древесных плит (включая фанеру), эксплуатируемых в 5 различных классах эксплуатации. Отдельные методики испытаний не аккредитованы в Республике Беларусь: определение качества склеивания по стандарту CEN/TS 13354, класс пожарной опасности (согласно гармонизированному стандарту EN 13501-1), акустические испытания (согласно европейскому стандарту EN ISO 354), паропроницаемость по стандарту EN ISO 12572. Для подтверждения качества теплоизоляционных плит древесноволокнистых сухого способа формования по технологии Siempelkamp по стандарту СТБ EN 13171-2009 необходимо проведение испытания по 13 европейским стандартам, которые в системе Госстандарта Республики Беларусь и Таможенного союза не введены. В соответствии со стандартом необходимо на продукцию, подтвердившую соответствие европейским стандартам, Директиве CPD и последующим регламентам и решения, обеспечивать маркировку знаком CE. Решение этой проблемы требует обращения в аккредитованные лаборатории Евросоюза*.

Только обеспечив выпуск продукции, соответствующей требованиям Европейского Союза и Таможенного союза, а также наладив современные методы учета продукции, например, с применением штрихкодирования, можно приступить к решению второй и очень важной задачи по повышению эффективности управления отраслью. Сделать это возможно путем внедрения информационных технологий в учет продукции деревообрабатывающих, плитных и бумажных производств. Предлагается улучшить управление данными институтами с помощью компьютеризации и вспомогательной программной ориентации. Введение новых технологий не только позволит ускорить время обработки информации но и повысить оперативность и качество управления на микроуровне в отрасли.

Предлагаемое программное обеспечение включает конфигурации и функциональность, индивидуально подстроенную под деревообрабатывающую отрасль, с учетом производственной специфики данной отрасли. Для контроля над хозяйственной деятельностью подведомственных деревообрабатывающих предприятий и эффективного

* Леонович А.О. Повышение эффективности управленческих решений по продвижению продукции лесного комплекса на внешние рынки / IX Междун. евразийский симпозиум «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века». Екатеринбург: УГЛТУ, 2014. С. 17–23.

управления ими предусмотрена методология компьютеризированного учета, соответствующая законодательству Республики Беларусь, включающая следующие основные показатели:

1. План счетов аналитического и валютного учета со справочником валют.
2. Набор справочников для формирования первичных документов аналитического учета.
3. Набор первичных документов для автоматического формирования бухгалтерских операций.
4. Нормативная база и допустимые параметры настройки при учете.
5. Набор полного спектра отчетов по бухгалтерскому учету и объектам производственной деятельности.
6. Специализированный анализ производственной и хозяйственной деятельности предприятия.

Программное обеспечение позволит анализировать важные разделы учета, такие как:

1. Операции по банку и кассе.
2. Учет основных средств и нематериальных активов.
3. Учет материалов и МБП.
4. Учет бланков строгой отчетности.
5. Учет производства и реализации лесопродукции.
6. Учет валютных операций.
7. Расчеты с организациями, дебиторами, кредиторами.
8. Расчеты с подотчетными лицами.
9. Кадровый учет.
10. Расчет зарплаты.
11. Другие разделы учета.

Основные подсистемы конфигурации:

1. **Материалы.** Подсистема предназначена для оформления в конфигурации движений материалов, учитываемых на 10-м счете и для получения на основании введенных данных отчетов. В конфигурации по учету материалов предусмотрена разноска следующих операций: поступления, перемещения, продажи, списания, передачи в эксплуатацию (рис. 1).

2. **Основные средства.** Данная подсистема предназначена для оформления движений по основным средствам, начисления амортизации и получения на основании этих данных отчетов, предусмотренных в конфигурации. В подсистеме предусмотрена разноска следующих операций: поступления основных средств на 08-й счет, ввода в эксплуатацию, перемещения, начисления амортизации, списания, продажи и другого выбытия.

3. **Расчеты с поставщиками и подрядчиками.** В системе предусмотрены документы для оформления возникновения и погашения задолженности перед поставщиками, а также отчеты, отражающие данные операции. Эта подсистема непосредственно связана с материалами, спецодеждой, основными средствами, банком.

4. **Расчеты с подотчетными лицами.** Данная подсистема предназначена для оформления возникновения задолженности и ее погашения по подотчетным лицам и наиболее тесно связана с кассой, так как в основном погашение задолженности оформляется через кассу.

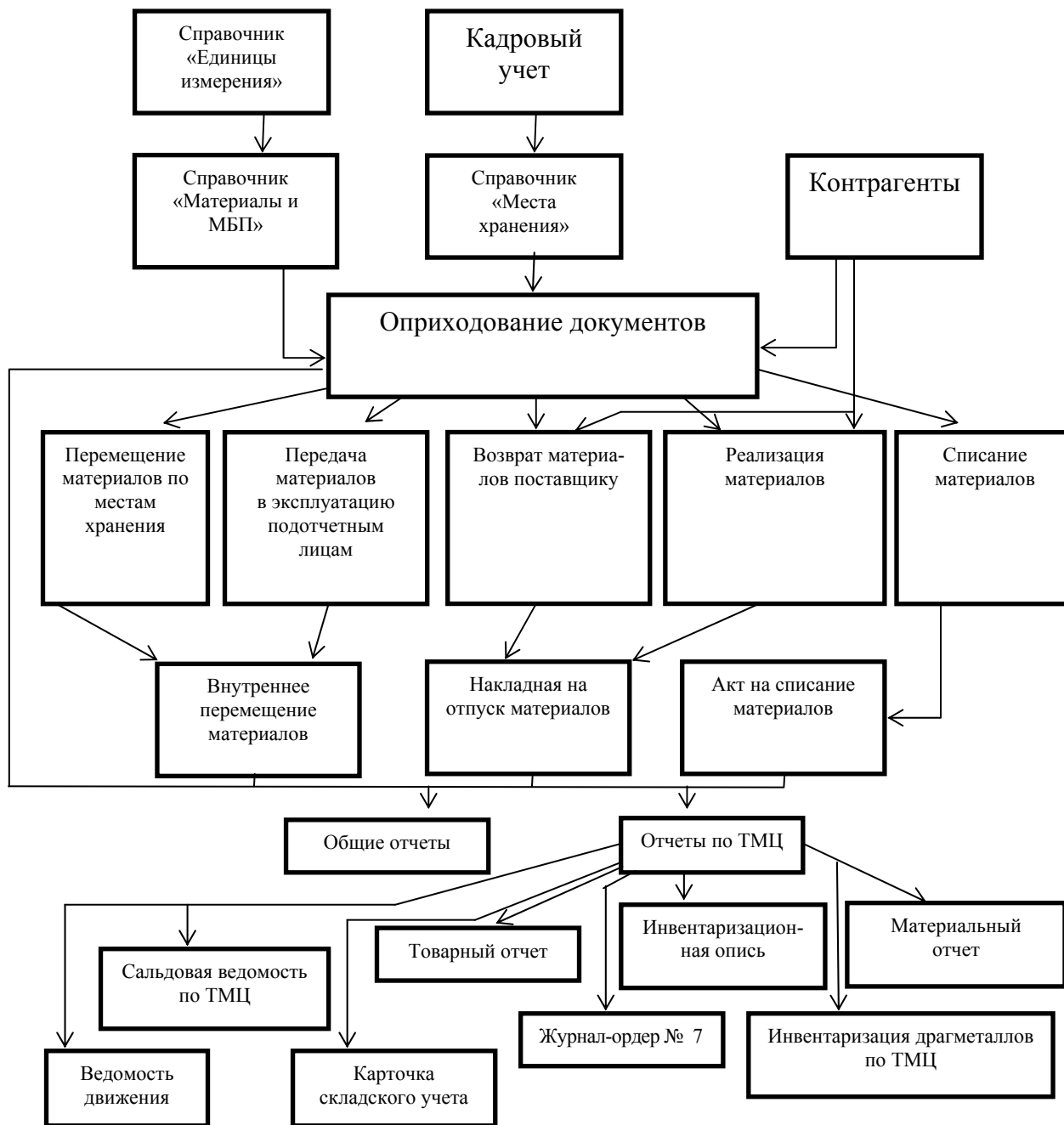


Рис. 1. Анализ движения материалов

5. Книга покупок. Подсистема предназначена для оформления закрытия полученного НДС в Книгу покупок с учетом условий, предусмотренных законодательством. Взаимодействует с подсистемами: материалы, расчеты с поставщиками и подрядчиками, банк.

6. Лесопродукция. Подсистема предназначена для оформления операций по учету лесопродукции и получения отчетов на основании внесенных данных. В конфигурации предусмотрена разноска следующих операций: оприходования лесопродукции от заготовки, выполненной собственными силами или сторонней организацией; оформления трелевки, подвозки; перемещения лесопродукции; списания; пересортицы; реализации; переработки; списания недостачи и оприходования излишков по лесопродукции (рис. 2).

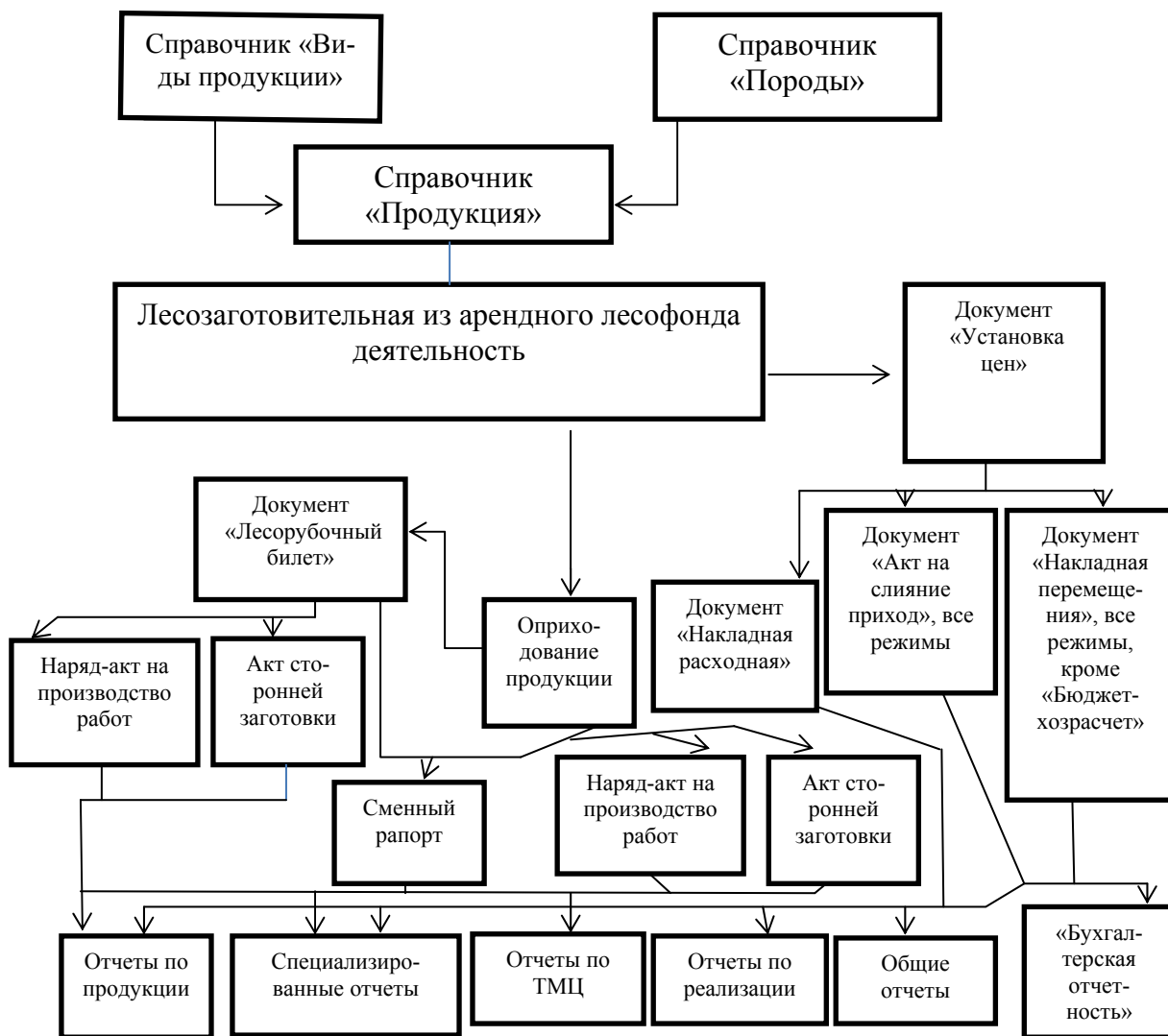


Рис. 2. Учет движения лесопродукции

Работа данного ПО должна связать общую информацию производственных активов каждого предприятия в единую общую базу данных для анализа полной картины по всей отрасли.

Сдерживающим фактором для внедрения информационных технологий, является отсутствие полной нормативной базы, а также современных методов учета продукции, в том числе штрихкодирования.

Вывод. Эффективное управление отраслью возможно усовершенствовать при использовании оперативных современных информационных технологий, позволяющих иметь оперативный контроль финансового и материального состояния подведомственных предприятий.

Эффективная работа информационных технологий возможна при создании современных методов учета продукции и нормативной базы.

Предложенные схемы анализа движения материалов и, в частности, лесопродукции в деревообрабатывающей отрасли обеспечит оперативность управления ресурсами.

УДК 620.95:662.638

А.С. Федоренчик, А.В. Ледницкий, П.А. Протас
(БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь), Protas77@rambler.ru

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА
КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ И ТОПЛИВНОЙ ЩЕПЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ
ВЕТРОВАЛЬНО-БУРЕЛОМНЫХ ЛЕСОСЕК**

**ECONOMIC ASSESS OF PRODUCTION EFFICIENCY
ROUND WOOD AND FUEL CHIPS IN THE CUTTING AREAS REMOVING
FROM THE WIND-FALLEN FOREST**

Разработка ветровально-буреломных лесосек осуществляется в сложных эксплуатационных условиях, снижающих производительность лесозаготовительных машин и выход качественных лесоматериалов. В этой связи с целью повышения эффективности лесозаготовительного производства проведена экономическая оценка освоения таких лесосек при комплексном получении круглых лесоматериалов и топливной щепы.

Removing of wind-fallen cutting areas under difficult operational conditions that reduce productivity of forest machines and the output quality round woods. In this regard, with the aim of improving the efficiency timber production conducted an economic assessment of the development of such cutting areas in the complex getting round woods and fuel chips.

Ввиду существенного изменения климата во многих регионах наблюдается повышение интенсивности ветровалов и буреломов. При этом наносится существенный урон лесному хозяйству, так как, кроме экономических потерь, связанных с ликвидацией последствий и восстановлением лесов, обостряется и экологическая ситуация из-за нарушения лесной экосистемы (почвенного покрова, древостоя, всех ярусов растительности, фауны и т.д.).

В Республике Беларусь за период 2010–2014 гг. объемы поврежденной от ураганов древесины составили более 5 млн м³. Аварийный характер повреждения растущих деревьев и, как следствие, повышенный объем образования отходов лесозаготовок свидетельствует о необходимости применения комплексного метода освоения лесосек с получением в качестве готовой продукции сортиментов и топливной щепы [1, 2]. Учитывая сложные эксплуатационные условия при освоении ветровально-буреломных лесосек, с целью рентабельной заготовки древесного сырья необходимо выполнить экономическую оценку эффективности производства круглых лесоматериалов и топливной щепы, на основании которой разработать рекомендации по выбору технологий и систем машин.

Инвестиции на формирование систем машин. Ввиду различных природно-производственных условий для разработки ветровально-буреломных лесосек предложены 3 системы машин:

- 1) харвестер Ponsse Ergo 8w + 2 форвардера Ponsse Buffalo 8w;
- 2) харвестер «Амкодор 2551» + 2 форвардера «Амкодор 2662»;
- 3) 3 бензиномоторные пилы Stihl MS 361 + прицепной форвардер МПТ-461.1.

Для доставки рабочих в каждой системе машин дополнительно имеется автомобиль «Волгарь».

Капитальные затраты на приобретение систем машин, обеспечивающих заготовку и трелевку круглых лесоматериалов, составили: для 1-й системы машин –

1645 тыс. долл. США; для 2-й – 660 тыс. долл. США; для 3-й – 85 тыс. долл. США. Стоимость машин и оборудования включает: отпускную цену производителя (на 01.01.2015 г.), уплату налога на добавленную стоимость и таможенной пошлины.

Для производства и вывозки топливной щепы во всех системах используется рубильная машина Jenz НЕМ 582 R truck (на базе автомобиля) – 1 шт. и автощеповозы с объемом перевозимой щепы 40 нас. м³ – 5 шт. Капитальные затраты на приобретение данной системы машин составили 1210 тыс. долл. США.

Себестоимость, отпускная цена круглых лесоматериалов и топливной щепы. Расчет себестоимости и отпускной цены выполнен с учетом требований отраслевых программ, нормативно-правовой документации министерств, ведомств и стандартов Беларуси по состоянию цен (горюче-смазочных, запасных частей и др.) на 01.01.2015 г.

Древесина на ветровально-буреломных лесосеках заготавливается в основном путем проведения сплошных санитарных рубок или рубок очистки от захламленности. Данные виды рубок относятся к прочим и, соответственно, к бюджетной деятельности лесохозяйственных организаций. Древесина, заготавливаемая в результате бюджетной деятельности, может быть реализована только на условиях франко-промежуточного лесосклада. Уровень отпускных цен на круглые лесоматериалы и топливную щепу был установлен исходя из средних цен, сложившихся в отрасли.

Калькуляции круглых лесоматериалов хвойных пород, заготавливаемых на условиях франко-промежуточного лесосклада различными системами машин при разработке ветровально-буреломных лесосек, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Калькуляции круглых лесоматериалов хвойных пород (сосна, ель)
3 сорта диаметром 20–24 см, заготавливаемых на условиях франко-промежуточного лесосклада при разработке ветровально-буреломных лесосек, долл. США/м³

Статьи калькуляции	Системы машин		
	№ 1	№ 2	№ 3
Производственная себестоимость*	25,12	20,68	21,07
Инновационный фонд	0,88	0,72	0,74
Полная себестоимость	26,0	21,4	21,81
Рентабельность, %	11,50	35,52	32,95
Прибыль	3,0	7,60	7,19
Цена 1 м ³ круглых лесоматериалов без НДС	29,0	29,0	29,0
Ставка НДС, %	20	20	20
Цена 1 м ³ круглых лесоматериалов с НДС	34,8	34,8	34,8

*В производственную себестоимость входят следующие статьи калькуляции: сырье и материалы, заработная плата основных производственных рабочих, отчисления в фонд социальной защиты населения, обязательное государственное страхование, затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, цеховые расходы, общехозяйственные расходы, прочие производственные расходы.

Наибольший удельный вес в себестоимости производства круглых лесоматериалов в системах машин № 1 и № 2, обеспечивающих машинную заготовку древесины, занимают сырье и материалы (24,7 и 30 % соответственно) и затраты на содержание и эксплуатацию оборудования (54,5 и 47,3 %), а в системе машин № 3, основанной на механизированной валке деревьев, также сырье и материалы (29,5 %), заработная плата основных производственных рабочих (19,4 %) и затраты на содержание и эксплуатацию оборудования (31,3 %).

При этом наименьшую себестоимость и, соответственно, максимальную прибыль и рентабельность (35,52 %) производства круглых лесоматериалов обеспечивает

система машин № 2, сформированная на базе харвестера «Амкодор 2551» и 2-х форвардеров «Амкодор 2662». При этом система машин № 3, сформированная на базе 3-х бензиномоторных пил и погрузочно-транспортной машины «МПТ 461.1», обеспечивает заготовку круглых лесоматериалов практически с аналогичными показателями. Система машин № 1, сформированная на базе харвестера Ponsse Ergo 8w и 2-х форвардеров Ponsse Buffalo 8w, позволяет выполнять комплекс работ по заготовке древесины с затратами, превышающими затраты систем машин № 2 и № 3 примерно на 20 %. В этой связи, принимая во внимание результаты расчетов, а также высокую травмоопасность работ, связанных с разработкой ветровально-буреломных лесосек, к применению может быть рекомендована система машин № 2 и в некоторых случаях, связанных с определенными природно-производственными условиями, система машин № 3.

Анализ рассчитанных калькуляций производства более широкой номенклатуры круглых лесоматериалов свидетельствует о том, что выпуск круглых лесоматериалов хвойных пород диаметром 10–13 см, мягколиственных пород диаметром 10–13 см и 14–24 см, а также дров из сосны и ольхи при разработке ветровально-буреломных лесосек на условиях франко-промежуточного лесосклада не выгоден с применением всех рассматриваемых систем машин.

Калькуляции производства топливной щепы из низкокачественной древесины, заготавливаемой при разработке ветровально-буреломных лесосек, представлены в таблице 2. В качестве сырья для производства топливной щепы принимались дрова, заготавливаемые на условиях франко-промежуточного лесосклада принятыми системами машин. Стоимость дров для производства топливной щепы принималась по рассчитанной себестоимости их заготовки.

Таблица 2

Калькуляция отпускной цены топливной щепы из дров, заготавливаемых системами машин № 1–3 на условиях франко-склад потребителя (расстояние вывозки – 30 км, влажность от 40 до 60 % включительно), долл. США/пл. м³

Статьи калькуляции	Системы машин		
	№ 1	№ 2	№ 3
Производственная себестоимость	30,47	25,86	26,27
Инновационный фонд	1,07	0,91	0,92
Полная себестоимость	31,54	26,77	27,19
Рентабельность, %	0,00	8,30	6,60
Прибыль	0,00	2,22	1,80
Цена 1 пл. м ³ щепы без НДС	31,54	28,99	28,99
Ставка НДС, %	20,00	20,00	20,00
Цена 1 пл. м ³ щепы с НДС	37,85	34,78	34,78

Анализ данных, представленных в таблице 2, свидетельствует о том, что производство топливной щепы из дровяной древесины, заготавливаемой при разработке ветровально-буреломных лесосек, не всегда будет экономически целесообразным. Так, при использовании дровяной древесины, заготавливаемой системой машин № 1, отпускная цена топливной щепы с НДС получается на 10 % выше средней, сложившейся в отрасли. В то же время при использовании дров, заготавливаемых системами машин № 2 и № 3, производство топливной щепы экономически выгодно, хотя рентабельность находится на достаточно низком уровне – 8,3 и 6,6 % соответственно.

Оценка экономической эффективности производства круглых лесоматериалов и топливной щепы. Для выполнения экономической оценки эффективности производства круглых лесоматериалов и топливной щепы при разработке ветровально-буреломных лесосек принятыми системами машин расчетный период принимался равным нормативному сроку службы ведущего оборудования – харвестеров (5 лет). Ликвидационная стоимость

машин и оборудования на момент окончания их использования была принята равной нулю. Источником возврата капитальных вложений были приняты амортизационные отчисления и чистая прибыль от реализации круглых лесоматериалов.

Результаты выполненной оценки экономической эффективности производства круглых лесоматериалов при разработке ветровально-буреломных лесосек представлены в таблице 3. На основании выполненных расчетов можно констатировать, что среди сравниваемых систем машин наименьшую средневзвешенную себестоимость заготовки круглых лесоматериалов обеспечивает система машин № 2 (18,42 долл. США/м³). Это обуславливает с учетом принятых допущений наибольшую средневзвешенную рентабельность производства круглых лесоматериалов при использовании данной системы машин (до 15,7 %). Однако практически аналогичные значения обеспечивает (в принятых природно-производственных условиях) применение системы машин № 3. Величина себестоимости в системе машин № 1 в среднем на 23,6 % выше, чем в системах машин № 2 и 3, а значение рентабельности в среднем ниже на 67 %.

Таблица 3

Показатели экономической оценки эффективности применения систем машин для производства круглых лесоматериалов при разработке ветровально-буреломных лесосек

Наименование показателей	Система машин № 1	Система машин № 2	Система машин № 3
Производственная мощность, м ³	37 632	30 972	8 664
Единичные показатели (среднее значение по всей номенклатуре продукции)			
Полная себестоимость производства 1 м ³ , долл. США/м ³	23,03	18,42	18,83
Прибыль на 1 м ³ , долл. США/м ³	1,41	3,44	3,25
Рентабельность производства, %	5,0	15,7	14,5
Простые показатели эффективности инвестиций			
Капиталовложения, тыс. долл. США	1645	660	85
Чистая прибыль, тыс. долл. США	43,59	87,3	23,05
Амортизация, тыс. долл. США/год	329	132	17
Норма дохода на вложенный капитал, %	22,48	32,80	41,70
Период возврата капитала, лет	4,45	3,05	2,22
Дисконтированные показатели эффективности инвестиций			
Чистый дисконтированный доход, тыс. долл. США	-102,6	242,8	71,1
Внутренняя норма доходности, %	6,22	33,39	72,64
Индекс рентабельности инвестиций	0,94	1,37	1,78
Дисконтированный период возврата, лет	Не эффективен	3,42	2,38
Удельный дисконтированный доход, долл. США/м ³	-0,54	1,57	1,64

Примечание. «Не эффект» в строке период возврата капитала означает, что он превышает нормативный срок службы ведущего оборудования (харвестеров), т.е. 5 лет.

Анализ показателей нормы дохода на вложенный капитал и периода возврата капитала свидетельствует о том, что по данной группе показателей наиболее эффективной является система машин № 3. Она обеспечивает возврат капитала в пределах 2,2 года, что на 27 % быстрее, чем в системе машин № 2 и на 50 % быстрее, чем в системе машин № 1. Аналогично значение нормы дохода на вложенный капитал в 41,7 % в системе машин № 3 на 27 % выше, чем в системе машин № 2, и на 85 % выше, чем в системе машин № 1.

При определении дисконтированных показателей ставка дисконтирования принималась на уровне 10 %, так как уровень инфляции при расчете потоков наличности

по годам не учитывался. Ставка дисконтирования учитывает риски и неопределенности, а также альтернативную возможность использования капитала.

Значение чистого дисконтированного дохода для рассматриваемых систем машин свидетельствует о том, что для принятых в расчетах природно-производственных условий целесообразно приобретать только системы машин № 2 и № 3. Для системы машин № 1 значение чистого дисконтированного дохода получается меньше 0, что говорит о нецелесообразности финансирования покупки данной системы.

Внутренняя норма доходности находится на уровне, приемлемом для финансирования (выше ставки дисконтирования), также только у систем машин № 2 (33,39 %) и № 3 (72,64 %). При этом необходимо отметить, что для системы машин № 3 значение внутренней нормы доходности выше, чем в системе машин № 2 (на 118 %). Это свидетельствует о высокой финансовой устойчивости варианта финансирования приобретения системы машин № 3. Инвестировать деньги в приобретение системы машин № 1 согласно значению внутренней нормы доходности (6,22 %) нецелесообразно.

Расчет дисконтированного периода возврата инвестиций показал, что возврат денежных средств с учетом фактора времени происходит в пределах расчетного периода только для систем машин № 2 (3,42 года) и № 3 (2,38 года). Для системы машин № 1 дисконтированный период возврата капитальных вложений превышает предельно допустимый уровень – 5 лет.

Обобщающим показателем экономической эффективности использования различных систем машин для заготовки круглых лесоматериалов при разработке ветровально-буреломных лесосек является удельный дисконтированный доход, рассчитанный с учетом фактора времени. Результаты его расчетов свидетельствуют о том, что наиболее эффективной является система машин № 3. Для системы машин № 1 в рассматриваемых природно-производственных условиях получено отрицательное значение удельного дисконтированного дохода, то есть накопленные удельные дисконтированные затраты превышают удельный дисконтированный доход за расчетный период, что свидетельствует о нецелесообразности финансирования.

Таким образом, на основании выполненных расчетов можно сделать вывод, что, несмотря на примерно одинаковую себестоимость и рентабельность заготовки круглых лесоматериалов системами машин № 2 (18,42 долл. США/м³ и 15,7 %) и № 3 (18,83 долл. США/м³ и 14,5 %), по ряду показателей, характеризующих экономическую эффективность инвестиций, более привлекательной для приобретения является система машин № 3. Так, для системы машин № 3 по сравнению с системой машин № 2 удельные капиталовложения ниже на 55 %, период возврата капитала ниже на 27 %, индекс рентабельности инвестиций выше на 30 %. Однако удельный дисконтированный доход в данных системах машин находится примерно на одинаковом уровне.

Для ветровально-буреломных лесосек с высокой степенью повреждения насаждений и соответственно высокой травмоопасностью рекомендуется машинная разработка с применением харвестров и форвардеров ОАО «Амкодор» (система машин № 2). Применение для разработки ветровально-буреломных лесосек систем машин на базе дорогостоящих импортных харвестров и форвардеров менее предпочтительно, так как природно-производственные условия в большинстве случаев не позволяют полностью использовать их мощностной потенциал.

Библиографический список

1. Состояние ветровально-буреломного лесфонда в Республике Беларусь и проблемы его освоения / П.А. Протас [и др.] // Труды БГТУ. – Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2012. – № 2 (149). – С. 55–57.
2. Протас П.А. Классификация ветровально-буреломных лесосек с учетом эксплуатационных особенностей их освоения / П.А. Протас, Г.И. Завойских, А.С. Федоренчик // Труды БГТУ. – Лесная и деревообраб. пром-сть 2013. – № 2 (158). – С. 51–52.

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

**New technological decisions in preparation, processing
and wood finishing**

УДК 674.047; 630.847

В.П. Агапов

(УралНИИПДрев, г. Екатеринбург, РФ), agapov.v.p@lenta.ru

ТРАДИЦИОННАЯ И НОВАЯ ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

TRADITIONAL AND NEW WOOD DRYING TECHNOLOGIES

Приведен анализ традиционной технологии сушки древесины. Выявлены ее основные особенности и существенные недостатки, снижающие качество и экономичность сушки. Описана новая авторская технология сушки, показаны ее существенные отличия от традиционной технологии, дающие повышение качества и экономичности сушки древесины. Приведены графические данные сушки, выполненные по новой технологии.

Traditional wood drying technology is analyzed. Advantages and disadvantages, which reduce the quality of wood drying, are shown. Modern technology is described as well as drying graphics are shown.

Рассмотрим основные черты традиционной и новой технологии сушки древесины. Выявим основные особенности и свойства, определяющие экономические и технологические результаты использования их в промышленности.

1. Традиционная технология [1–3] заключается в том, что в процессе сушки в камере создают определенные режимом температуру и влажность воздуха и поддерживают их в течение длительного времени постоянными. После уменьшения влажности древесины до переходной производят смену параметров воздуха на новые. При этом температура и психрометрическая разность воздуха значительно увеличиваются. Новые параметры воздуха также в течение длительного времени поддерживают постоянными. Изменения параметров воздуха производят в течение сушки несколько раз (2–5 раз в зависимости от используемого режима).

Задаваемым параметрам воздуха соответствует определенная равновесная влажность древесины, которая всегда ниже текущей влажности. Поэтому поверхность пиломатериала постоянно сохнет, и ее влажность уменьшается. Когда влажность поверхности пиломатериала станет ниже предела насыщения древесного волокна (примерно 30 %), начинается усушка поверхности пиломатериала и в ней возникают растягивающие напряжения. При дальнейшей сушке поверхностные напряжения натяжения увеличиваются и могут превысить предел прочности древесины. В этом случае происходит образование поверхностных трещин, что является дефектом сушки, и допускать этого нельзя.

Чтобы исключить образование трещин, периодически производят термовлагообработку (ТВО) древесины. Термовлагообработка заключается в том, что в сушильной камере создают высокую влажность воздуха, при которой поверхность пиломатериала увлажняется. При этом уменьшаются усушка поверхности и поверхностные напряжения. Это и предотвращает образование трещин. Необходимость и продолжительность проведения ТВО определяются оператором сушки или предусматриваются

программой сушки. От правильности назначения и проведения ТВО зависит качество высушенной древесины. Для проведения ТВО сушильная камера снабжается увлажняющим устройством: распылителем воды или трубой для впуска увлажняющего пара. Наличие увлажняющего устройства повышает стоимость сушильной камеры. Кроме того, увеличиваются тепловые и эксплуатационные затраты при эксплуатации сушильной камеры. Это повышает стоимость сушки древесины.

В любом случае при сушке традиционным способом происходит накопление внутренних напряжений в древесине, что является неизбежным, так как удаление влаги из древесины происходит с поверхности пиломатериала непрерывно. При этом усушка поверхности идет с опережением усушки центра пиломатериала, и создается градиент усушки по толщине пиломатериала. Градиент усушки и является причиной возникающих в древесине напряжений. Чем быстрее идет сушка древесины и чем толще пиломатериал, тем выше градиент усушки, больше напряжения в древесине и сложнее обеспечить качественную сушку.

Традиционная технология сушки требует непрерывной работы вентиляторов, обеспечивающих движение воздуха через штабель. Предусматривается также периодическая смена направления вращения вентиляторов и движения воздуха в штабеле с целью уменьшения разности влажности древесины на входе и выходе воздуха в штабель. При этом реверсивный вентилятор имеет более низкий коэффициент полезного действия, чем нереверсивный. Осуществление реверса вентиляторов усложняет устройство управления и повышает стоимость сушильной камеры. Все это дополнительно повышает стоимость сушки. Кроме того, имеются публикации результатов исследований, которые свидетельствуют не только о пользе реверса, но и о его вреде качеству сушки.

2. Новая авторская технология сушки древесины использует сушильные камеры широко распространенных конструкций. Она [4] предусматривает следующие основные операции: начальный прогрев древесины; подвод тепла в штабель без искусственного увлажнения воздуха и вентиляции сушильной камеры; выдержку древесины без подвода тепла, без искусственного увлажнения воздуха и без вентиляции сушильной камеры; вентиляцию сушильной камеры без подвода тепла в штабель. Операции подвода тепла в штабель, выдержка древесины, вентиляция сушильной камеры циклически повторяются до тех пор, пока древесина не высохнет до требуемой влажности. Продолжительность цикла составляет 0,5–4 часа. После достижения требуемой влажности производится охлаждение древесины внутри сушильной камеры до температуры воздуха 20–40 °С. Увлажняющие устройства и реверс вентиляторов не требуются.

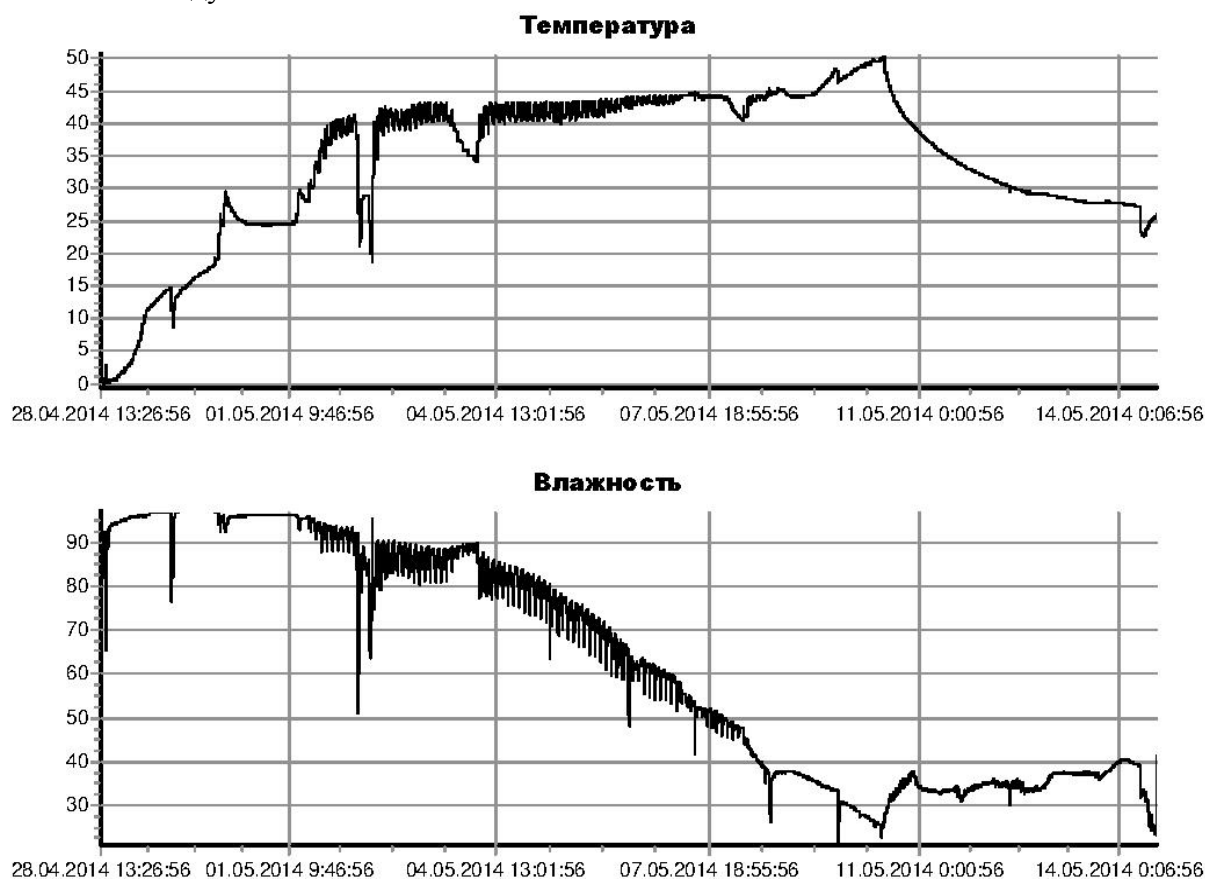
Рассмотрим, что дает новая технология в сравнении с традиционной технологией. Прежде всего выдержка древесины ограничивает испарение влаги с поверхности пиломатериала. При этом за счет более высокой температуры и влажности в центре сечения пиломатериала ускоряется приток влаги от центра к поверхности пиломатериала. За счет этого уменьшаются градиент влажности по сечению и внутренние напряжения в древесине, происходит выравнивание влажности древесины в штабеле, т.к. при повышенной влажности воздуха замедляется сушка прежде всего более сухих досок. Кроме того, воздух в сушильной камере приходит в равновесие с текущей влажностью древесины в штабеле, и древесина как бы сама «выбирает» себе текущие параметры воздуха в сушильной камере.

Отсутствие в сушильной камере реверса вентиляторов и искусственного увлажнения воздуха не только упрощает конструкцию сушильной камеры, но и снижает расход энергии и стоимость сушки. Воздух сушильной камеры увлажняется только за счет влаги, испаряемой из древесины. Этой влаги вполне достаточно, т.к. при сушке 1 кубометра древесины, например, сосны, от влажности 60 % до влажности 8 % испаряется 208 килограммов воды.

При сушке древесины по новой технологии контроль начальной и текущей влажности древесины не требуется. Необходимую текущую влажность воздуха в сушильной камере древесина «выбирает» сама. Это упрощает как подготовку сушильного штабеля, так и ведение сушки. Контроль влажности древесины требуется только для определения момента окончания сушки до требуемой влажности и начала охлаждения древесины. Этот момент может быть определен косвенно по текущей влажности воздуха в сушильной камере.

Из сказанного выше следует, что новая технология позволяет сушить древесину качественнее и экономичнее, чем по традиционной технологии. Она может быть использована практически в любой сушильной камере. Конечно, управлять вручную сушильной камерой при этом невозможно, т.к. человек просто не справится с этой задачей. Для этого нами разработан и изготавливается автоматический регулятор сушки древесины АРС-2М. Он полностью автоматизирует управление сушильной камерой и обеспечивает стабильное высокое качество сушки древесины. Пользоваться регулятором просто, и не требуется специальная подготовка по технологии сушки древесины.

Ниже приведен график сушки древесины, произведенной в промышленных условиях с помощью автоматического регулятора АРС-2М. График выполнен по данным автономного регистратора и с помощью его программного обеспечения. На графике видны периодические подъемы и понижения температуры и влажности воздуха, выполняющие роль ТВО. Видно, как по мере высыхания древесины плавно снижается влажность воздуха.



Данные сушки № 2 древесины
в реконструированной паровой сушильной камере

Дата и время записи:
начало 28.04.2014, 13:26:56;
окончание 14.05.2014, 14:17:56;
интервал записи 0:01:00.

Измеряемые параметры:
температура от -30 до +80 °С ± 1°С;
влажность от 0 до 100 % ± 2 %.

Уставки:

- по температуре: верхняя – нет, нижняя – нет, °С;
- по влажности: верхняя – нет, нижняя – нет, %

Организация «Уралтрансстрой»
Исполнитель В.П. Агапов

Тип автономного регистратора: RHT
Зав. номер 36. Дата изготовления: 28.02.2011 г.

Библиографический список

1. Серговский П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С. Серговский. – М.: Лесная промышленность, 1975. – 400 с.
2. Селюгин Н.С. Сушка древесины / Н.С. Селюгин. – Ленинград: Гослестехиздат, 1940. – 547 с.
3. Кречетов И.В. Сушка древесины / И.В. Кречетов. – М.: Лесная промышленность, 1972. – 439 с.
4. Агапов В.П. Описание полезной модели к патенту РФ 39938 / В.П. Агапов, А.Г. Гороховский.

УДК 674.047; 630.847

В.П. Агапов

(УралНИИПДрев, г. Екатеринбург, РФ), agapov.v.p@lenta.ru

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ СПОСОБ ПОДГОТОВКИ ВОЗДУХА С ЗАДАНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ В ЛЕСОСУШИЛЬНОЙ КАМЕРЕ

IMPROVED METHOD OF AIR PREPARING WITH SPECIFIED PARAMETERS IN WOOD DRYING CAMERA

Описан способ, позволяющий, применяя известные операции: нагрев, и увлажнение воздуха, и вентиляцию сушильной камеры, – повысить качество сушки древесины и экономить тепловую энергию.

Method which can improve quality of wood drying and economize on energy using air heating, air humidifying, ventilation is shown.

Из проведенного анализа [1] традиционного способа управления сушильной камерой известно, что каждая технологическая операция: нагрев, увлажнение воздуха и вентиляции сушильной камеры – действует одновременно на температуру и влажность воздуха. Поэтому независимое регулирование температуры и влажности воздуха не может быть эффективным. Необходимо вести связанное регулирование. Как это необходимо делать, рассмотрим на отдельных примерах. Эти примеры соответствуют определенным этапам сушки древесины.

1. Совершенствование способа подготовки воздуха при прогреве пиломатериала в начале сушки. Для этого обратимся к *Id*-диаграмме прогрева древесины, изображенной на рисунке 1. Требуется нагреть воздух от исходной температуры T_1 до заданной температуры T_2 . При этом психрометрическая разность должна соответствовать заданной

траектории, отображенной на рисунке 1 линией 1-2. На этом и других рисунках использованы следующие сокращения в обозначениях: V – увлажнение воздуха паром; H – нагрев воздуха; B – вентиляция сушильной камеры; I – испарение влаги из древесины.

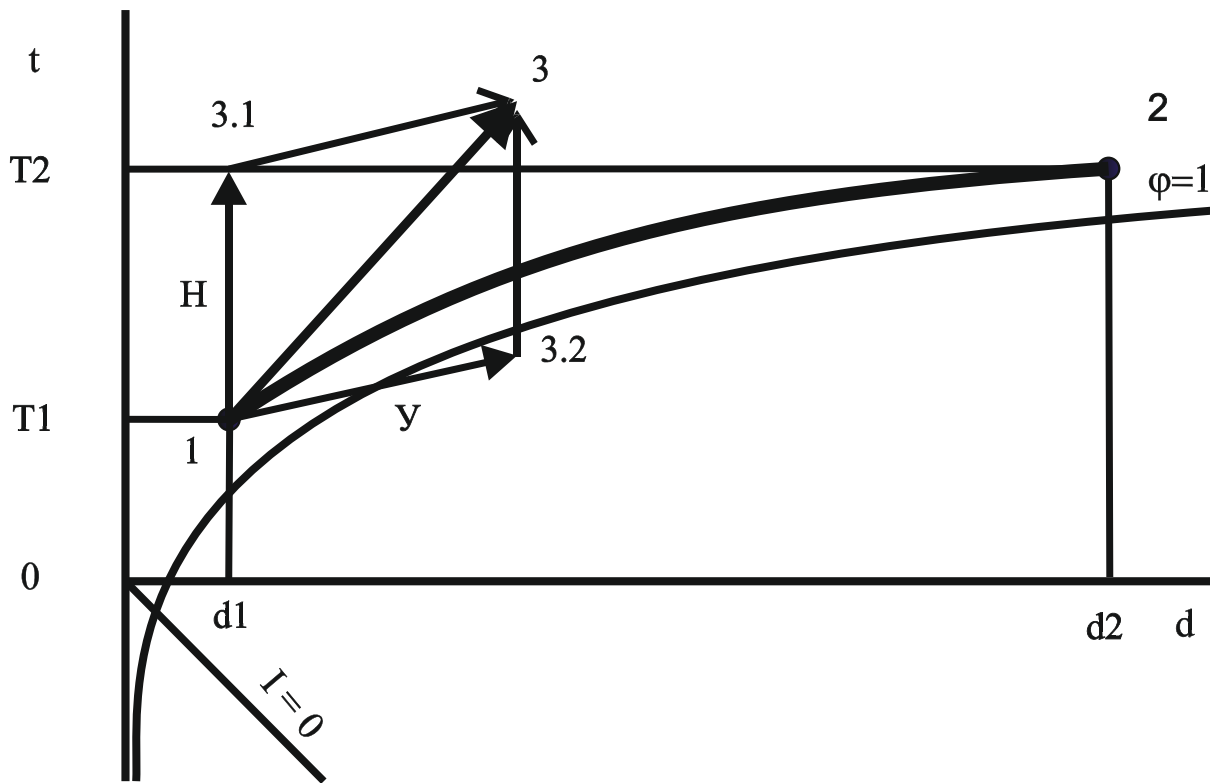


Рис. 1. Прогрев древесины традиционным способом

Согласно традиционному способу управления сушильной камерой [2] включается нагрев и увлажнение воздуха паром. Проанализируем происходящие при этом изменения параметров воздуха. Из диаграммы видно, что увлажнение воздуха паром U увеличивает температуру и уменьшает психрометрическую разность воздуха. Нагрев H увеличивает температуру и психрометрическую разность. В результате сложения векторов H и U психрометрическая разность воздуха превышает заданную величину (точка 3 выше заданной траектории 1-2). Это опасно для древесины, т.к. может вызвать образование поверхностных трещин.

Для получения требуемых параметров следует (рис. 2) сначала производить только увлажнение воздуха паром. При этом пар снижает психрометрическую разность, нагревает воздух и прогревает древесину. Увлажнение воздуха необходимо вести до тех пор, пока психрометрическая разность не станет ниже задания – линии 2-3. После этого необходимо прекратить увлажнение и производить нагрев воздуха. Нагрев продолжает повышать температуру и увеличивает психрометрическую разность воздуха. Прекратить нагрев необходимо тогда, когда психрометрическая разность превысит задание.

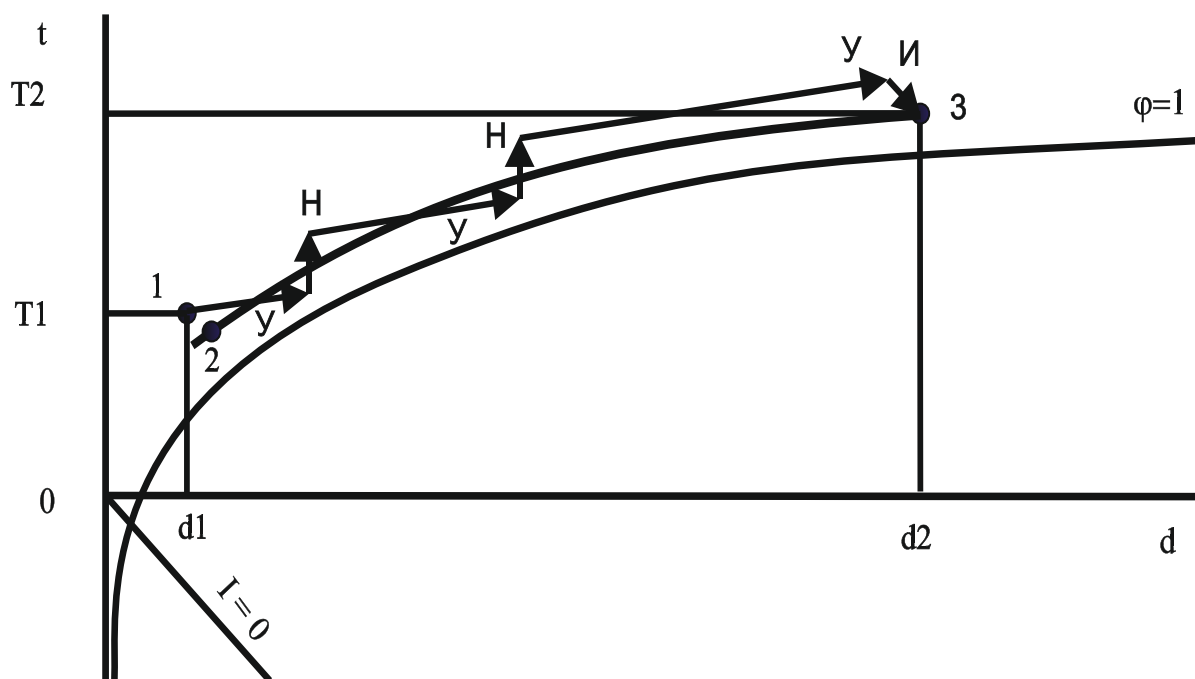


Рис. 2. Прогрев древесины новым способом

Затем необходимо начать снова увлажнение воздуха паром. Увлажнение необходимо вести до тех пор, пока психрометрическая разность не станет ниже задания. Чередование увлажнения паром и нагрев воздуха необходимо продолжать до тех пор, пока температура воздуха не превысит задание $T2$.

В случае, когда и температура, и психрометрическая разность воздуха больше заданной величины, необходимо выключить и нагрев H , и увлажнение воздуха U . За счет испарения влаги из древесины (вектор I) происходит уменьшение температуры и психрометрической разности воздуха, т.е. параметры воздуха изменяются в нужном направлении.

Из рисунка 2 видно, что при прогреве древесины данным способом обеспечиваются изменения параметров воздуха по заданной траектории, т.е. воздух нагревается от исходной температуры $T1$ до заданной температуры $T2$ при соблюдении заданной психрометрической разности.

2. Совершенствование способа подготовка воздуха при переходе на следующую ступень режима сушки. Обратимся к рисунку 3 и с его помощью проанализируем происходящие изменения параметров воздуха. Требуется изменить параметры воздуха от исходного состояния (точка 1) в новое состояние (точка 2), т.е. увеличить температуру и психрометрическую разность воздуха.

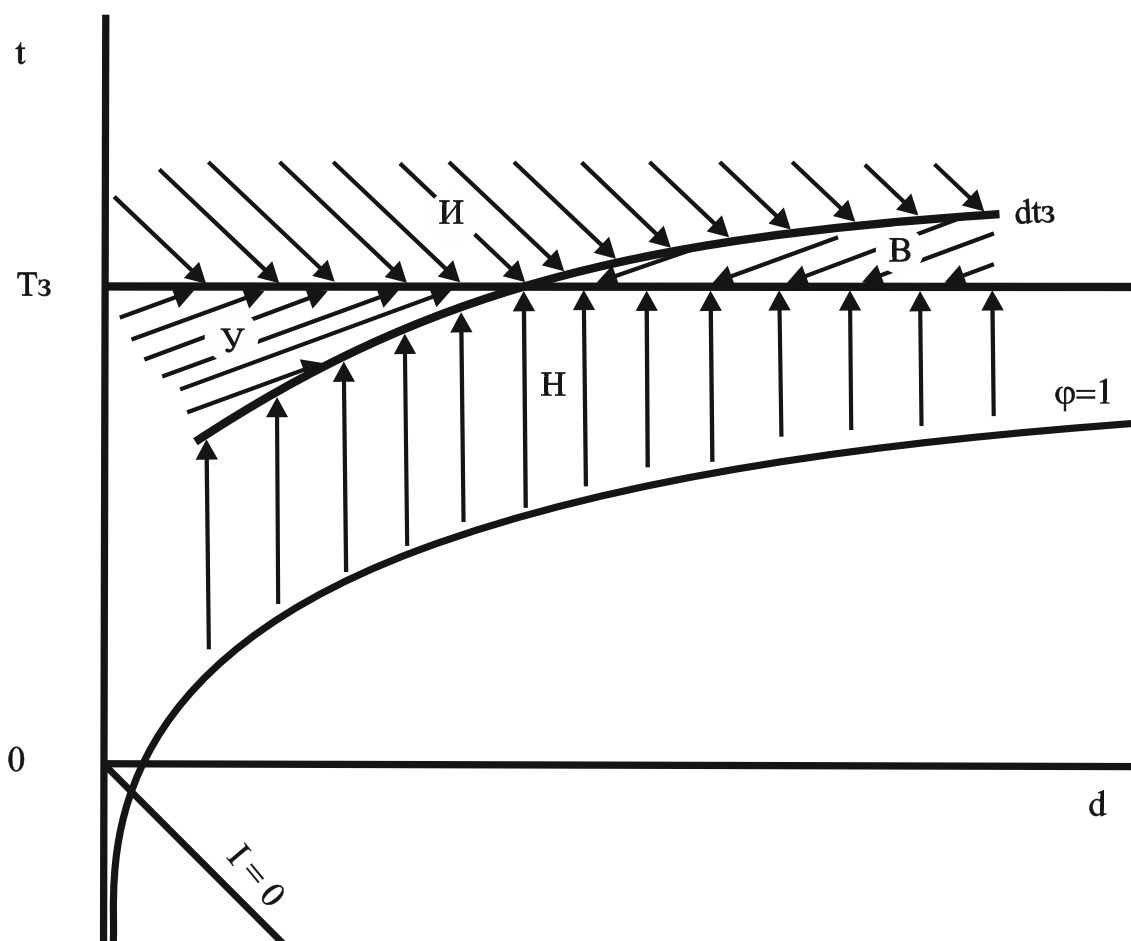


Рис. 5. Графическое представление нового способа управления сушильной камерой (T_3 – заданная температура, d_{t3} – заданная психрометрическая разность)

Из рисунка 5 следует, что при управлении сушильной камерой по данному способу достичь заданных параметров воздуха возможно всегда. При этом исключен перерасход тепловой энергии на нагрев избыточно впускаемого наружного воздуха. В результате обеспечиваются условия для получения высокого качества сушки древесины со снижением ее стоимости.

Библиографический список

1. Агапов В.П. Исследование стандартного способа получения в лесосушильной камере воздуха с заданными параметрами: доклад на 9-м Междун. евразийском симпозиуме, 23–26 сентября 2014 / В.П. Агапов. – URL: http://symposium.forest.ru/article/2014/2_tehnology/pdf/Agapov2.pdf.
2. Серговский П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С. Серговский. – М.: Лесная промышленность, 1975. – 400 с.
3. Регулятор процесса сушки РОСА-2: описание экспоната междун. выставки «Лесдревмаш-79». Советский раздел. – Москва: ВНИПИЭИлеспром, 1979.
4. Агапов В.П. Изготовить экспериментальный образец программного регулятора процесса сушки древесины по ее текущей влажности «Прогресс» и провести экспериментальные исследования: отчет СвердловНИИПДрев по теме № 27 / В.П. Агапов. – IV.27.81. – Свердловск, 1981. – 35 с.

УДК 630.30

Ю.Е. Вадбольская, В.А. Азаренок
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), vadbolskaya_11@mail.ru

ПРОБЛЕМА МАШИНИЗАЦИИ РУБОК УХОДА

THE PROBLEM MECHANIZATION OF THINNING

Рассмотрен подход к обоснованию выбора машин для рубок ухода на основе создания и применения компьютеризированной системы принятия решений, позволяющей сбалансированно учитывать как производственные, так и экологические показатели функционирования машин.

Approach to substantiation of logging machines selection has been considered based on developing and applying decision-making computer system allowing to take into account both production and environmental factors of machine operation.

Развитие рубок ухода является одним из перспективных направлений лесной политики. Вопрос увеличения рубок вновь становится актуальным в связи с тем, что, во-первых, в ряде регионов (особенно приближенных к внешним рынкам) растет процент освоения расчетной лесосеки по главному пользованию и в перспективе встает вопрос о необходимости получения древесины от несплошных рубок, во-вторых, значительная часть лесного фонда находится в недоступных и труднодоступных районах.

Как и прежде, развитие несплошных форм рубок сдерживается техническими возможностями. Решение данной проблемы предполагает как экстенсивный, так и интенсивный путь.

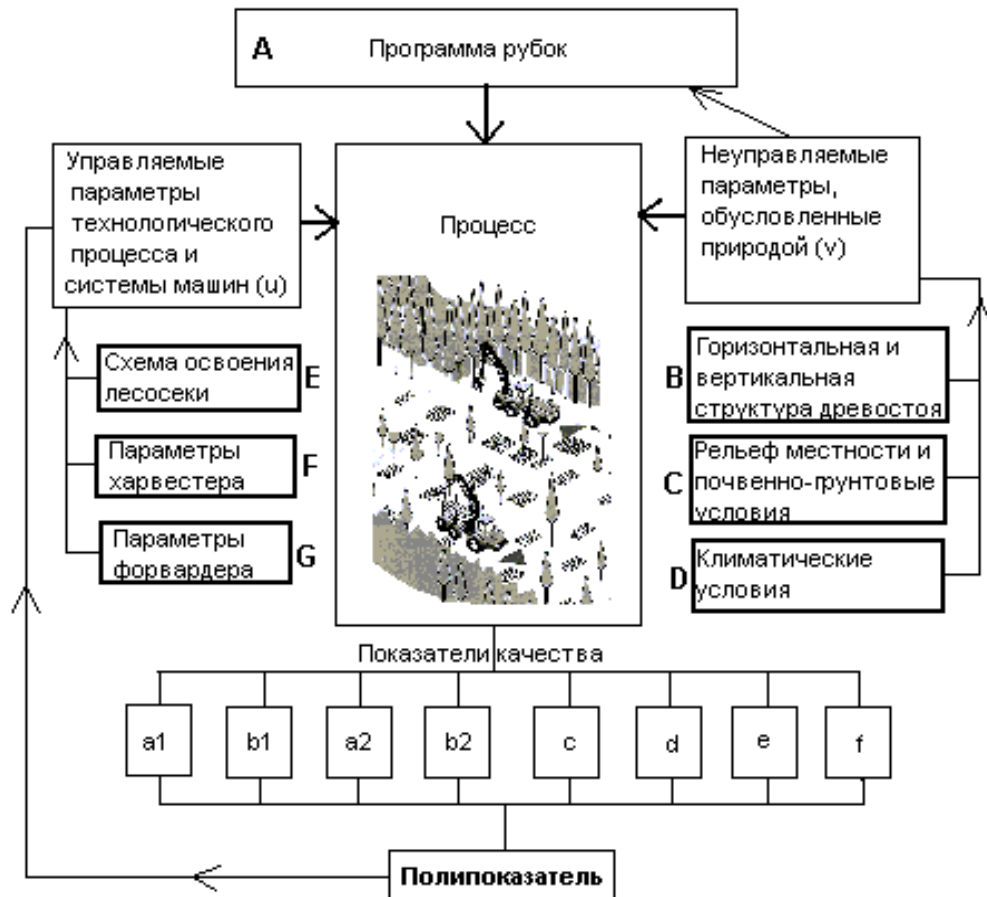
Экстенсивный путь – наращивание номенклатуры и числа машин и оборудования – предполагает оживление деятельности лесного машиностроения, в том числе конверсионного, увеличение импорта, создание новых машин, подобных лучшим зарубежным аналогам. В этом направлении целесообразно использовать положительный опыт разработки конструкций специальных лесных машин по модульному принципу на базе колесных сельскохозяйственных тракторов. Создание таких машин требует научного обоснования их основных параметров в соответствии с будущими условиями эксплуатации.

Накопленный в России и за рубежом опыт показывает, что решение вопроса механизации за счет простого увеличения числа машин и оборудования является недостаточным шагом.

Интенсивный путь предполагает более эффективное использование машин. При этом требуется удовлетворение комплекса требований по производительности, металлоемкости, выполнению намеченной программы рубок. Особое значение должно уделяться экологическому аспекту проведения рубок ухода.

На современном научном уровне решение проблемы механизации рубок ухода как экстенсивным, так и интенсивным путем предполагает разработку нового концептуального подхода, неразрывно связанного с вопросами информатизации и компьютеризации лесной отрасли. Суть данного подхода заключается в создании компьютерной системы поддержки принятия решений по выбору и обоснованию машин для проведения рубок в конкретных условиях. Такая система позволяет при учете многообразия природно-производственных факторов и альтернативном наборе машин осуществлять оптимальный подбор машин из числа существующих. При отсутствии необходимого варианта выбора система позволяет проводить обоснование основных параметров вновь проектируемых машин и оборудования.

Основным звеном компьютеризированной системы принятия решений является имитационная модель функционирования машинного комплекса на заготовке леса [1]. Структура обеспечения функционирования имитационной модели показана на рисунке.



Структурная схема имитационной модели

Центральный модуль «Процесс» объединяет и связывает всю поступающую информацию и описывает технологический процесс рубки.

Имитационная модель формализована на алгоритмическом языке MapBasic (в среде пакетов, поддерживающих ГИС) в виде четырех взаимосвязанных программ:

- 1) моделирования движения лесозаготовительной машины с выбором точек стоянки, учетом рельефа и грунтовых условий, оценки доступности намеченных к валке деревьев, моделирования валки деревьев, комплексной оценки наносимых повреждений с учетом сезона работ, оценки металлоемкости, расчета производительности и времени;
- 2) моделирования процессов обрезки сучьев, раскряжевки и пакетирования (если они предусмотрены технологическим процессом лесозаготовок) с учетом сезона работ и характеристик обрабатываемых деревьев;
- 3) моделирования работы трелевочной машины;
- 4) расчета частных критериев эффективности и полипоказателей.

Эту модель возможно использовать применительно к условиям лесонасаждений Свердловской области, т.к. она позволяет в основном учесть основные характеристики лесонасаждений, в которых возможно применять рубки ухода. Средний возраст хвойных древостоев – 121 год, мягколиственных – 99 лет. Средний класс бонитета насаждений – III,6, варьирует от II,8 в подзоне предлесостепных сосново-березовых лесов до IV,6 в северной подзоне тайги. Средняя полнота древостоев составляет около 0,7 [2]. В этом случае будут оптимальными следующие параметры машин для рубок ухода:

1) харвестеры:

вес 7–14 т,
мощность двигателя 80–120 кВт,
грузовой момент 90–100 кНм,
усилие подачи 15–20 кН,
масса захвата 400–800 кг,
гидростатическая трансмиссия,
поворотный передний мост, позволяющий варьировать ширину машины (1,80–2,15 м),
вылет стрелы до 10 м [3];

2) легкие форвардеры:

масса до 12 т,
мощность до 125 кВт,
грузоподъемность до 12 000 кг,
ширина шин 600 мм,
вылет манипулятора 6,1–10,3 м,
средний грузовой момент – 66–100 кНм [4].

Библиографический список

1. Сюнев В.С. Новые информационные технологии как инструмент оптимального выбора для лесозаготовок / В.С. Сюнев // ИВУЗ. Лесной журнал. – 2004. – № 1. – С. 125–135.

2. Вадбольская Ю.Е. К вопросу обоснования основных технологических параметров машин для рубок ухода для условий Свердловской области / Ю.Е. Вадбольская, В.А. Азаренок; под научн. ред. В.Г. Новоселова; Мин-во обр. и науки РФ, Урал. гос. лесотехн. ун-т, Уральский лесной технопарк // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды IX Междунар. евразийского симпозиума, 23–25 сентября 2014 г. – Екатеринбург, 2014. – С. 48–50.

3. Лесозаготовительная техника. Харвестеры, форвардеры. – URL: <http://www.psmf.ru/index.php> (Дата обращения: 13.01.2015 г.).

4. Харвестеры и форвардеры: конструктивные особенности. – URL: <http://www.drevesina.com/materials.htm/a17/b220/> (Дата обращения: 13.01.2015 г.).

УДК 674.038.1

М.В. Газеев, М.Н. Ильичева

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), gazeev_m@list.ru;

И.В. Желваков, В.Н. Трудов

(ООО «Меридиан», г. Екатеринбург, РФ), mr.trudoff@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ ТВЕРДОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

THE RESEARCH OF STATIC HARDNESS OF WOOD

В статье определяется статическая твердость древесины сосны и ели в зависимости от ширины годичного слоя.

In article the static hardness of wood of a pine and fir-tree depending on width of a year layer is defined.

В настоящее время древесина широко применяется в строительстве как конструкционный материал, поэтому очень важно знать, насколько прочен и как будет себя

вести данный материал при воздействии нагрузок. Прочность древесины характеризуется ее способностью сопротивляться разрушению под действием механических нагрузок и зависит от направления действующей нагрузки, породы дерева, плотности, влажности, наличия пороков.

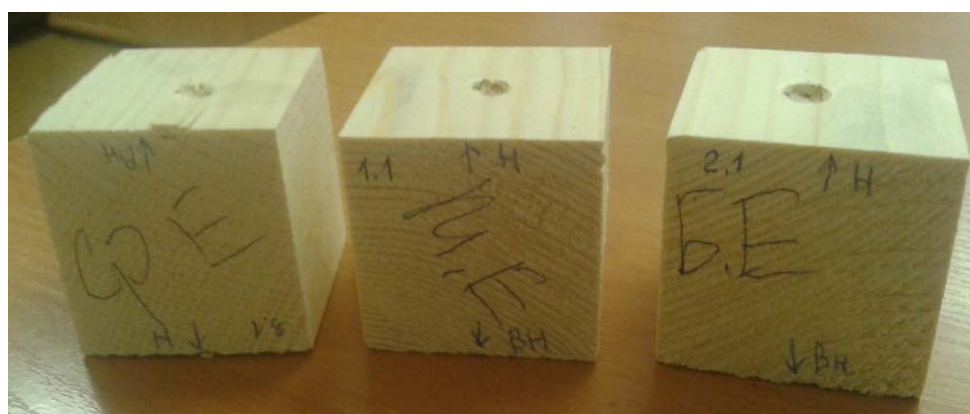
Твердость древесины – очень важный показатель при резании и истирании. Статическая твердость отражает способность материала сопротивляться внедрению в него более твердых тел [1, 2].

Цель исследования – определить статическую твердость древесины в зависимости от ширины годичного слоя.

Исследования проводились по ГОСТу 16483.17-81 [3]. Для исследования были подготовлены образцы, выпиленные из древесины сосны и ели, размером 50×50×50 мм. Образцы поделены на 3 группы: М – минимальная ширина годичного слоя (до 1 мм); СР – средняя ширина годичного слоя (от 1 до 2 мм); Б – большая ширина годичного слоя (свыше 2 мм) (рис. 1).



a



б

Рис. 1. Образцы древесины для испытания на статическую твердость:
a – сосны, *б* – ели

Определение статической твердости выполнялось по тангенциальным поверхностям, по внутренней пласти (вн) и наружной (н). Предварительно у образцов определялась влажность при помощи влагомера Hydro Easy. На момент испытаний влажность образцов составила 5,7–8,9 %. Температура воздуха в помещении при испытании составила $t = 21\text{--}23$ °С, влажность воздуха $W = 31\text{--}36$ %.

Испытание на статическую твердость проводили на испытательной машине VEB Werkstoffprufmaschinen Leipzig путем вдавливания пуансона с радиусом $r = 5,64$ мм со скоростью вдавливания пуансона 5,64 мм/мин (рис. 2).

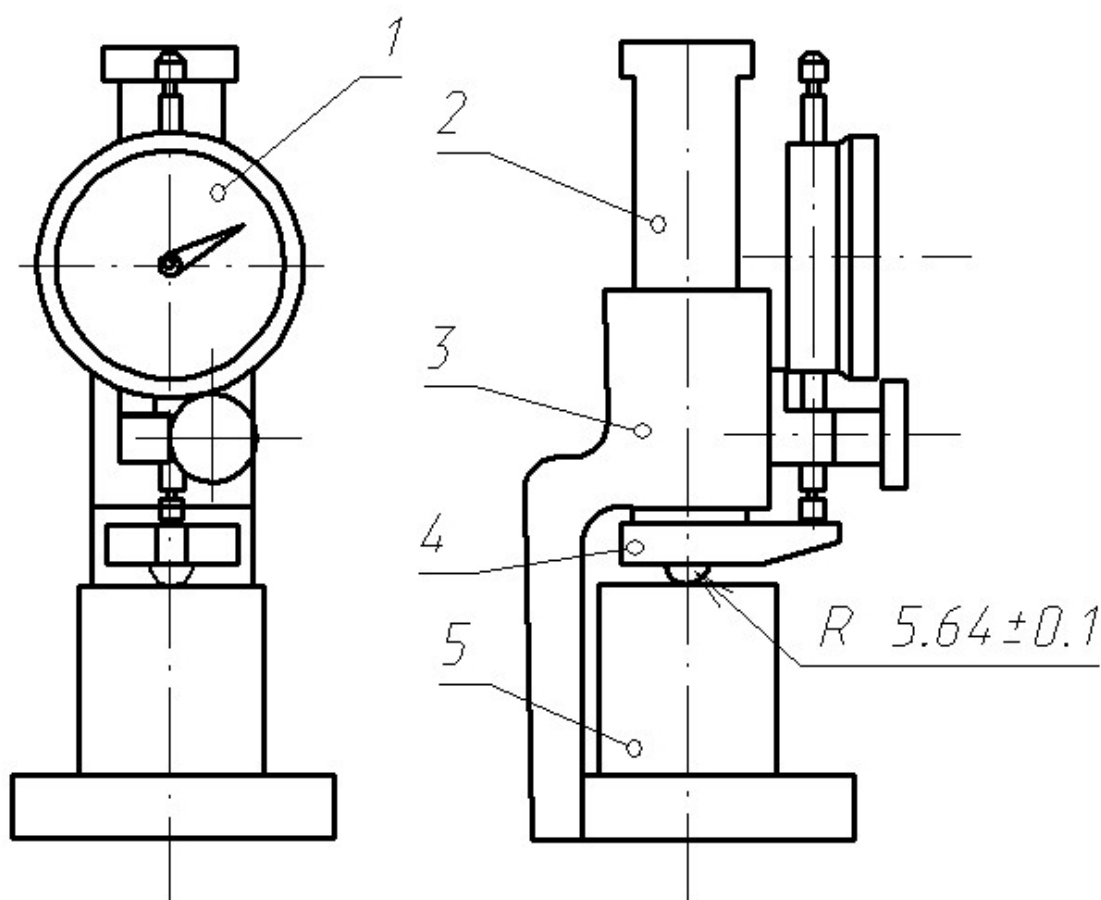


Рис. 2. Схема испытательной машины и приспособления:
1 – индикатор, 2 – шток, 3 – корпус, 4 – пуансон, 5 – образец

Результаты испытаний на статическую твердость для древесины сосны и ели при фактической влажности в момент испытаний и в пересчете на влажность $W = 12\%$ представлены на диаграммах (рис. 3–4). Статическую твердость (Н/мм^2) в момент испытаний определяли по формуле:

$$H'_W = \frac{F}{\pi r^2},$$

где F – нагрузка при вдавливании пуансона в образец, Н;

r – радиус полусферы пуансона, мм.

При пересчете на влажность $12 \pm 3\%$ мы пользовались формулой:

$$H_{12} = H'_W [1 + \alpha(W - 12)],$$

где α – поправочный коэффициент на влажность (для всех пород – 0,03);

W – влажность древесины на момент испытания, %.

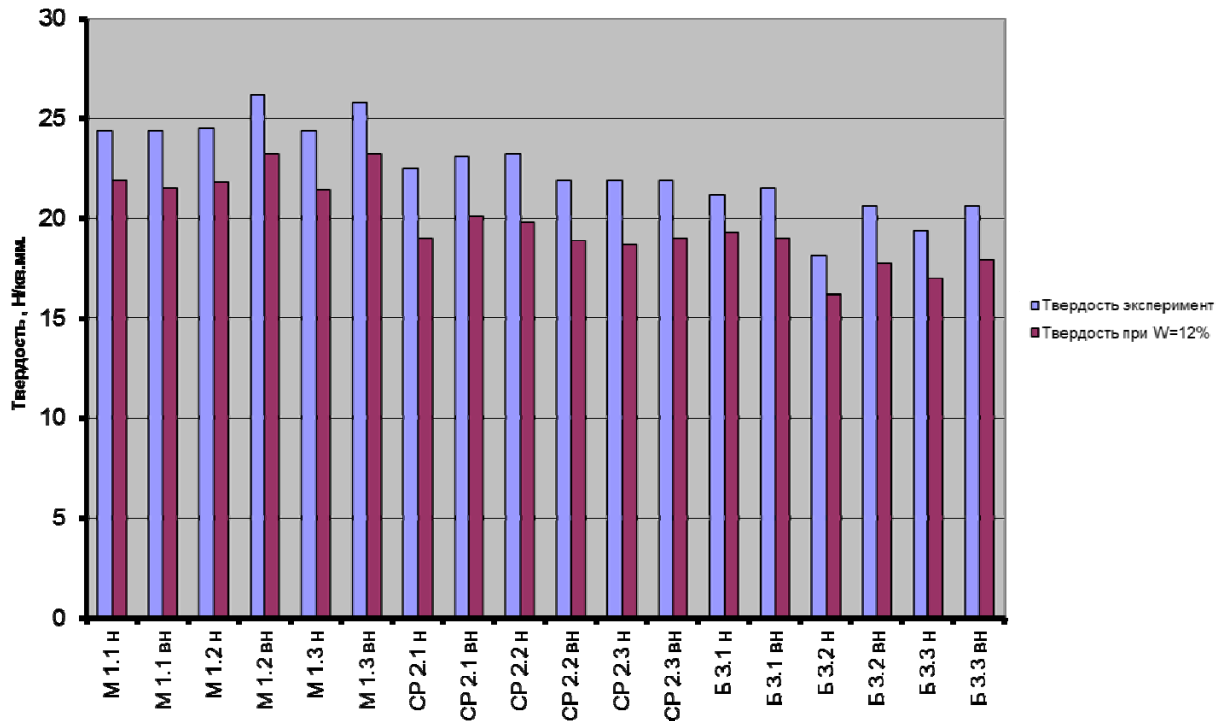


Рис. 3. Статическая твердость древесины сосны

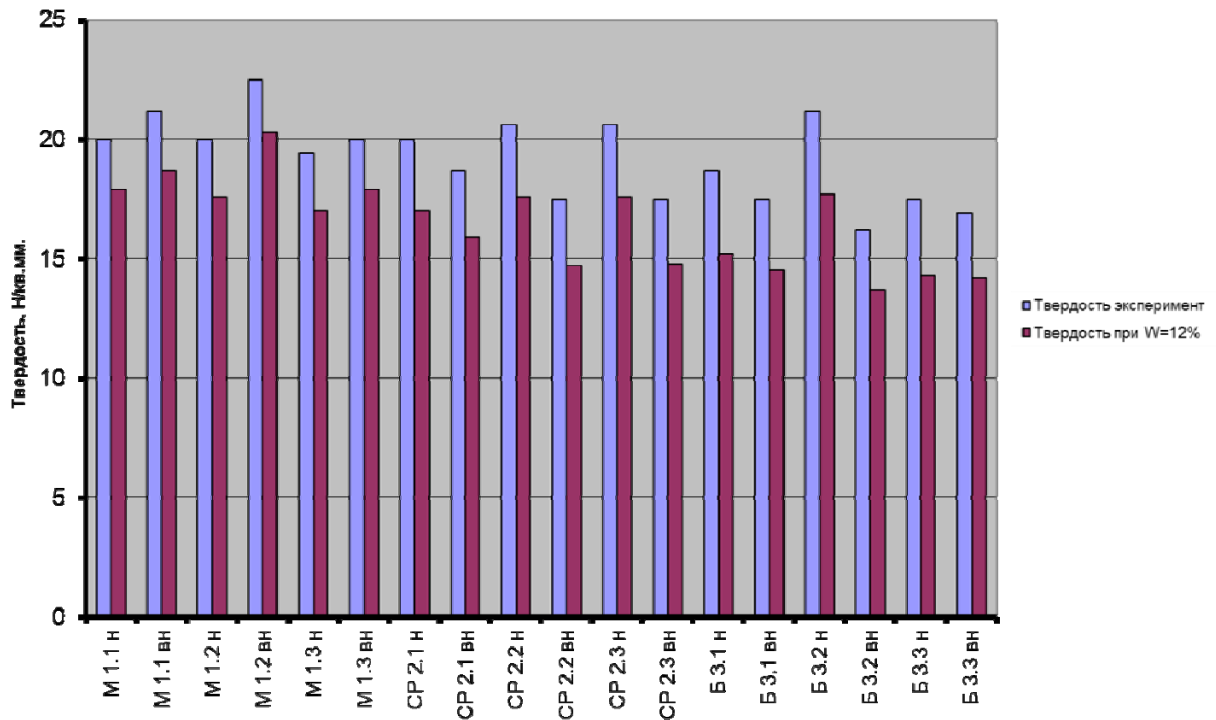


Рис. 4. Статическая твердость древесины ели

Из диаграмм видна прямая зависимость статической твердости от ширины годичного слоя. Чем шире годичный слой, тем ниже твердость и наоборот – меньшая толщина годичного слоя приводит к увеличению статической твердости. Для сравнения: по данным Б.Н. Уголева [1], статическая твердость древесины сосны, измеренная на тангенциальной поверхности при влажности 12 %, составляет 250 кгс/см² (25 МПа), а при влажности 30 % и более – 115 кгс/см². Статическая твердость древесины ели, измеренная на тангенциальной поверхности при влажности 12 % составляет 180 кгс/см²

(18 МПа), а при влажности 30 % и более – 85 кгс/см² [1]. На некоторых образцах увеличение твердости объясняется строением древесины, например, присутствием сучка на образце Б3.2 и рисунка 4.

Библиографический список

1. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения / Б.Н. Уголев. – М.: Лесная промышленность, 1975. – С. 222–224.
2. Швамм Е.Е. Древесиноведение / Е.Е. Швамм. – Изд. 2-е испр. и доп. – Екатеринбург: Бриз-Урал, 2000. – 190 с.
3. ГОСТ 16483.17-81 Древесина. Метод определения статической твердости. Дата издания: 01.06.1999 Дата введения в действие: 01.01.1983. – 7 с.

УДК 674.048

Л.В. Игнатович

(БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь), lignatovich6@gmail.com

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ ПАРКЕТНЫХ ДОСОК С ЛИЦЕВЫМ СЛОЕМ ИЗ УПЛОТНЕННОГО ШПОНА

PRODUCTION OF MULTILAYER PARQUET BOARDS WITH THE TOP LAYER OF DENSIFIED VENEER

В статье предлагаются конструктивные и технологические особенности изготовления многослойных паркетных досок из шпона. Склеенные из делянок лущеного или строганого шпона в полноформатные по длине и ширине листы распиливаются на полосы вдоль направления волокон древесины, ширина устанавливается в зависимости от рисунка получаемой паркетной доски, толщина – от характеризующей величины слоя износа лицевой поверхности на истирание. Изменяя ширину полос при наборе лицевого слоя, породу древесины шпона, окраску, расположение полос по направлению волокон древесины, можно получать большую гамму рисунков. Предлагаемая конструкция многослойных паркетных досок из шпона упрощает технологию его изготовления путем совокупности технологических операций. Вследствие этого снижается трудоемкость операций, достигаются более высокие потребительские качества, расширяется сырьевая база производства паркетных изделий с разнообразными рисунками, которая обеспечивает рынок сбыта.

In article design and technological features of production of multilayered parquet boards from an interline interval are offered. Stuck together from allotments of a hulled or planed interline interval in sheets, full-scale on length and width, are sawn on strips, along the direction of fibers of wood, width, depending on drawing of the received parquet board, thickness characterizing the size of a layer of wear of a front surface on attrition. Changing width of strips at a set of a front layer, breed of wood of an interline interval, coloring, an arrangement of strips in the direction of fibers of wood, it is possible to receive big scale of drawings. The offered design of multilayered parquet boards from an interline interval simplifies technology of its production by set of technological operations owing to what labor input of operations decreases, higher consumer qualities are reached, the source of raw materials of production of the parquet products with various drawings providing their sales market extends.

В настоящее время для Республики Беларусь большое значение имеет проблема комплексного и рационального использования древесины. Ежегодно в Белоруссию завозится около 2 млн м³ деловой древесины. В то же время общий объем отходов лесопильно-деревообрабатывающих и лесосечных предприятий достигает примерно 2,6 млн м³. Образовавшийся дефицит можно покрыть за счет более полного использования отходов древесины, рационального применения низкосортной древесины, древесины мягких лиственных пород, увеличения сроков службы изделий.

Полезность продукции (изделий) определяется комплексом факторов: технологических, технических, экологических, социальных и др. Игнорирование этих факторов при создании новых видов изделий из древесины неизбежно влияет на востребованность и товарность. Поэтому очевидным является то, что критерий востребованности приобретает приоритетное значение и становится определяющим для развития деревообработки, в том числе в производстве столярно-строительных изделий, в частности – паркетных. Перед деревообрабатывающей промышленностью ставится задача постоянного обновления и расширения ассортимента изделий из древесины, в том числе организации производства высококачественных паркетных изделий, которые могли бы успешно конкурировать на мировом рынке.

Совершенствование технологии деревообрабатывающих производств – эффективное использование оборудования; повышение качества выпускаемой продукции; внедрение безотходных технологий, позволяющих более полно использовать сырье, материалы, энергию, что в свою очередь дает возможность свести к минимуму трудоемкость и материалоемкость паркетных изделий.

Выше сказанное предопределяет необходимость разработки новых видов изделий из древесины, в частности паркетных.

Перспективные способы изготовления паркетных досок. Критериями оценки конструкции напольных деревянных покрытий являются их материалоемкость, сравнительная трудоемкость изготовления и настила и экономические затраты при устройстве оснований различных типов. Целью настоящей работы является необходимость разработки новых технологических и конструктивных решений в производстве паркетных изделий, дающих возможность значительно уменьшить трудоемкость, материалоемкость и способствующих комплексному использованию древесного сырья.

Разработаны новые конструкции и технология изготовления многослойных паркетных досок из шпона (уплотненного шпона), дающих возможность уменьшить применение дорогостоящих твердолиственных и ценных пород древесины в качестве лицевого слоя клееных паркетных изделий.

Использование натуральной древесины (шпона) мягколиственных пород в производстве паркетных изделий не находит применения в связи с низкими эксплуатационными показателями. Одним из распространенных способов повышения эксплуатационных показателей древесины (шпона) является ее модифицирование. Однако технологии с применением различных пропиточных смол и составов являются вредными для окружающей среды и здоровья человека. Альтернативным способом улучшения физико-механических характеристик паркетных изделий из шпона можно считать прессование (уплотнение). Уплотненная древесина обладает более высокими физико-механическими показателями, чем натуральная, при этом в процессе уплотнения не применяются химические составы, а улучшение свойств происходит только под воздействием высоких температур и давления. Уплотнение древесины повышает ее прочностные свойства, твердость, износостойкость, улучшает способность смачиваться жидкими связующими [1].

Необходимость и значимость разработки паркетных изделий из шпона (уплотненного шпона) подтверждается основным направлением развития и модернизации деревообрабатывающих предприятий.

Существующие технологии производства многослойных паркетных изделий имеют некоторые недостатки. Основным из них является получение планок лицевого слоя (толщиной 6 мм) методом пиления, что снижает полезный выход планок из пиломатериалов до 20 %. Кроме того, приклеивание к основанию относительно узких планок (20–45 мм), имеющих некоторые отклонения по толщине, затрудняет равномерную передачу давления на каждую планку, и в итоге отдельные планки приклеиваются недостаточно прочно.

Предлагается конструкция и технология паркетных досок из шпона с лицевым слоем из уплотненного шпона. Технологический процесс заключается в следующем.

Склеенные из делянок лущеного или строганого шпона в полноформатные по длине и ширине листы распиливают на полосы вдоль направления волокон древесины. Ширина устанавливается в зависимости от рисунка получаемой паркетной доски (например, 120, 145, 155, 160, 200, 300 мм), а толщина – от характеризующей величины слоя износа на истирание – 4–5 мм. Полосы шпона лицевого слоя соединяют на ребросклеивающих станках термопластичной нитью. Изменяя ширину полос при наборе лицевого слоя, породу древесины шпона, окраску, расположение полос по направлению волокон древесины, можно получать большую гамму рисунков лицевого слоя паркетных досок. Прессование (уплотнение) шпона для лицевого слоя паркетной доски производилось при следующих режимах: температура плит пресса – 110–120 °С; влажность заготовок шпона – 8 %; удельное давление – в пределах 10,0–20,0 МПа; продолжительность прессования (уплотнения) – 1–3 мин [1–3].

Результаты исследований [2, 3] показывают, что уплотнение слоя древесины шпона по разработанным режимам приводит к значительному увеличению плотности: на 36,4–48,9 % для древесины ольхи и на 22,4–39,8 % для древесины березы. Твердость (тангенциальная) уплотненной древесины березы и ольхи для разработанных режимов составляет 39,6–54,5 Н/мм² и 32,5–59,1 Н/мм² соответственно.

Улучшение свойств зависит от режима уплотнения. Твердость и износостойкость уплотненного шпона древесины березы и ольхи для некоторых режимов достигает значения аналогичных показателей древесины дуба.

При производстве многослойных паркетных изделий используют различные клеевые системы. Но качество склеивания определяется не только качеством клеевых систем, но и составляющими режима склеивания. К этим составляющим относят: состояние материала, вид, состояние и расход клея, время открытой и закрытой выдержки клея, давление, температуру и время прессования (склеивания) и, наконец, время послепрессовой выдержки продукции.

Уплотненный лицевой слой шпона с нанесенным клеем набирают в пакет с учетом симметричности расположения листов шпона в отношении середины пакета, загружают в промежутки между плит пресса, склеивают по типовым технологическим режимам склеивания фанеры (фанерных плит) [4, 5].

На рисунке 1 показаны примеры конструктивных схем изготовления многослойных паркетных досок из шпона [5].

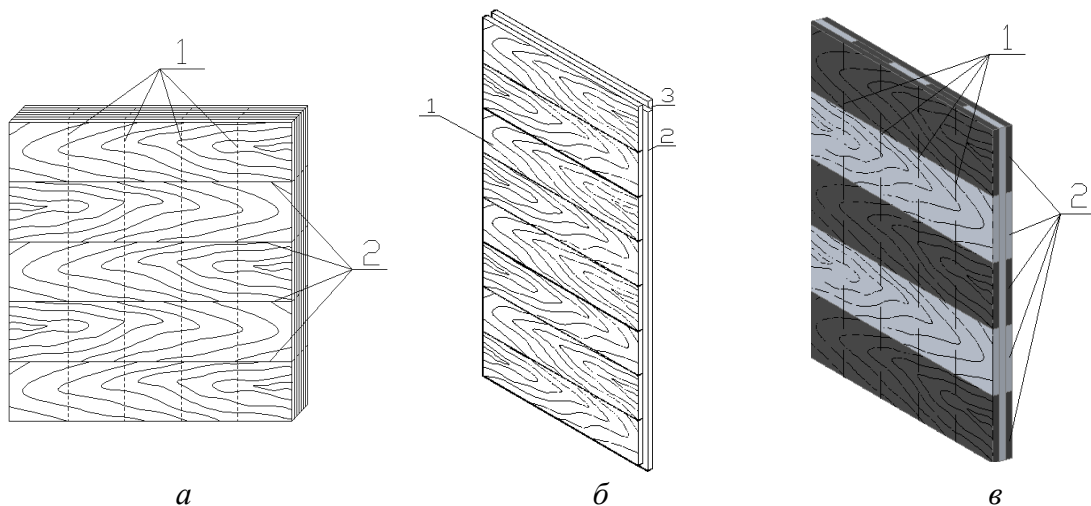


Рис. 1. Многослойная паркетная доска из шпона – фанерная плита с лицевым слоем в виде полос:

- а* – схема изготовления многослойной паркетной доски из шпона – фанерная плита с лицевым слоем в виде полос: *1* – направление расположения волокон древесины; *2* – пунктирные линии – схема распиливания плиты на пластины;
- б* – схема паркетной доски из шпона с поперечным расположением полос лицевого слоя: *1* – лицевой слой; *2* – средний слой; *3* – нижний слой;
- в* – фанерная плита с лицевым слоем в виде полос шпона с различной текстурой (цветом) древесины: *1* – пунктирные линии – схема распила на пластины; *2* – планки лицевого слоя после распила

Склеенные листы фанеры (фанерные плиты) (рис. 1, *а*) с лицевым уплотненным слоем, склеенным на ребро в направлении волокон *1*, распиливают поперек волокон лицевого слоя, линии распила показаны пунктиром *2*. Полученные планки (пластины) обрабатывают по периметру, для получения необходимого профиля – соединения (например, паз и гребень) паркетной доски (рис. 1, *б, в*) в паркетное покрытие. Лицевой слой *1* имеет рисунок в виде паркетных планок поперек доски. Средний слой *2* может состоять из нескольких слоев, нижний слой имеет толщину, равную толщине лицевого слоя, и идентичное направление волокон (рис. 1, *б, в*).

На рисунке 2 показаны фрагменты паркетного покрытия с рисунком: *а* – «шашки»; *б* – вразброс («палуба»).

Конструктивные особенности изготовления многослойной паркетной доски при наборе другого рисунка, например, в виде «шашки» (рис. 1, *в*): ширина полос *1* при склеивании лицевого слоя равна ширине планок при распиле *2*. Полосы шпона могут иметь разную окраску или текстуру древесины. Схема укладки паркетных досок, изготовленных таким образом, в паркетное покрытие показана на рисунке 2, *а*.

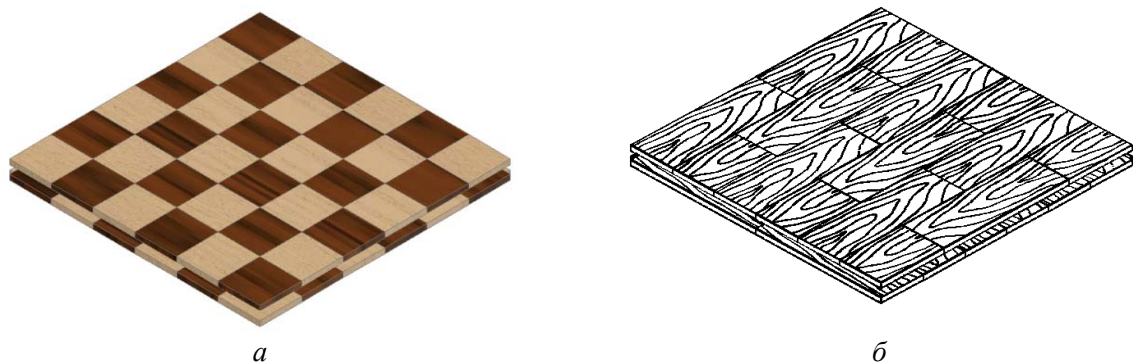


Рис. 2. Фрагмент паркетного покрытия из многослойной паркетной доски из шпона: *а* – с рисунком в виде «шашки»; *б* – с рисунком вразброс («палуба»)

Наиболее простой способ изготовления паркетных досок из шпона показан на рисунке 3 и выполняется следующим образом.

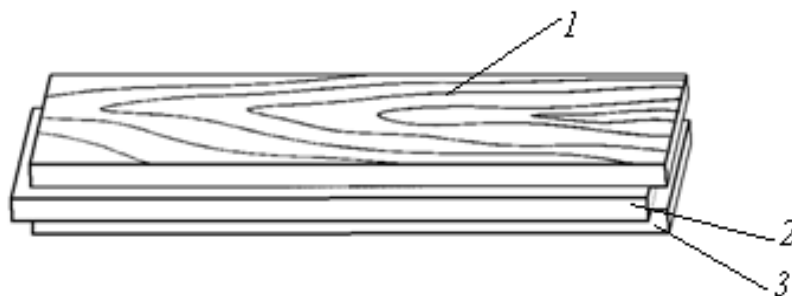


Рис. 3. Схема трехслойной паркетной доски из шпона с рисунком лицевого слоя направления волокон древесины:
1 – лицевой слой из шпона; 2, 3 – средний и нижний слой из низкосортного шпона соответственно

Набирают пакет с лицевым слоем 1 из качественного шпона (без дефектов) толщиной 4–5 мм, средний 2 и нижний 3 – из низкосортного шпона. Нижний и средний слои шпона располагают друг к другу с направлением волокон 90° . На средний слой наносят клей, собирают пакет, склеивают в прессе по типовым технологическим режимам склеивания фанеры (фанерных плит), распиливают на полосы, равные ширине паркетных досок, по направлению волокон лицевого слоя.

Предложенная конструкция и технология многослойных паркетных досок из шпона может быть альтернативой широко распространенным в последнее время ламинированным паркетным покрытиям на основе древесноволокнистых плит сухого способа производства высокой плотности. Существенным недостатком можно считать небольшой срок эксплуатации (около 5–10 лет).

Предложенный способ изготовления многослойных паркетных досок из шпона является перспективным и имеет ряд преимуществ, которые заключаются в высоких потребительских качествах продукции, значительных снижениях трудозатрат и сырья. Из фанерной плиты (фанеры) с минимальными затратами можно изготавливать паркетные изделия, что значительно сокращает затраты и расширяет область применения слоистых клееных изделий.

Вывод. Предлагаемая конструкция многослойных паркетных досок из шпона позволяет рекомендовать уплотненный шпон в качестве материала для производства многослойных паркетных покрытий, к качеству которых предъявляются высокие требования.

Полученные результаты являются основой разработки технологии многослойных клееных паркетных покрытий с лицевым слоем из уплотненной древесины.

Библиографический список

1. Игнатович Л.В. Технология многослойных паркетных изделий с лицевым слоем из уплотненной древесины мягких лиственных пород / Л.В. Игнатович, С.С. Утгоф, А.М. Бут-Гусаим // Труды БГТУ. – 2013. – № 2. – Минск: Лесная и деревообраб. пром-ть. – С. 114–119.

2. Утгоф С.С. Применение математического моделирования для определения влияния технологических факторов на физико-механические свойства уплотненной термомеханическим способом древесины березы и ольхи / С.С. Утгоф, Л.В. Игнатович // Труды БГТУ. – 2014. – № 2. – Минск: Лесная и деревообраб. пром-ть. – С. 94–100.

3. Коробко Е.В. Физико-механические и химические аспекты уплотнения древесины / Е.В. Коробко, А.А. Барташевич, В.А. Билык, Л.В. Игнатович, С.С. Утгоф, С.В. Шетько // Национальная академия наук Беларуси; Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова. – Препринт, БГТУ, 2014. – 51 с.

4. Способ изготовления паркетного щита из шпона: пат. 11601Р. Б. МКИ В 27 3/04 Е 04 F 15/04 / М.О. Невдах, Л.В. Игнатович, С.В. Лежень. Заявл. 2006.05.18; опубл. 2005 // Официальный бюл. / Изобретения. Полезные модели. – 2005. – Диск № 1.

5. Способ изготовления многослойных паркетных досок из шпона: пат. 15158 Р. Б.: МКИ В 27 М 3/06 Е 04 F 15/022 / Л.В. Игнатович, А.В. Шишов, С.В. Шетько. Заявл. 2009.07.02; опубл. 2011.08.11 // Официальный бюл. Изобретения. Полезные модели. – 2011. – Диск № 1.

УДК 684.72

М.И. Иштыбаева, И.В. Яцун

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), ichtybaeva@mail.ru

АНАЛИЗ ВИДОВ И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ МАТРАСОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ КРОВАТЕЙ

ANALYSIS OF THE TYPES AND CONSUMER PROPERTIES OF MATTRESSES, INTENDED FOR EQUIPMENT OF BEDS

Рассмотрены виды и состав матрасов, применяемые в настоящее время для оборудования кроватей, перечислены их преимущества и недостатки. Дано описание основных свойств, которыми необходимо руководствоваться потребителям при покупке матрасов, а также рассмотрена технология производства матрасов на независимом пружинном блоке.

The species composition and mattresses, currently used for equipment beds, lists their advantages and disadvantages. Dano: of describing the basic properties of which should guide consumers when buying a mattress, as well as the technology of production of mattresses independent spring block.

Полноценный сон является лучшим отдыхом для человека и способствует сохранению его здоровья, так как во время сна восстанавливаются деятельность нервной системы и работоспособность всего организма. Около 25 % своей жизни человек проводит во сне, и очень важно сделать этот физиологический процесс максимально комфортным. Для достижения этой цели необходимо правильно обустроить место для сна, то есть оборудовать спальное место с использованием удобного матраса.

Матрас (матрац) – мягкая или упругая подстилка для лежания, которая обычно кладется на кровать.

В состав матраса входят:

- основа – обеспечивает ортопедический эффект;
- наполнитель – прослойка материалов, защищающая тело человека от прямого воздействия пружин;
- изолятор – слой наполнителя, предохраняющий пружинный блок от воздействия;
- чехол – увеличивает комфорт и защищает тело человека от соприкосновения с наполнителем (бывают съемные и несъемные).

По конструкции матрасы делятся на пружинные и беспружинные (рис. 1) [1, 2].

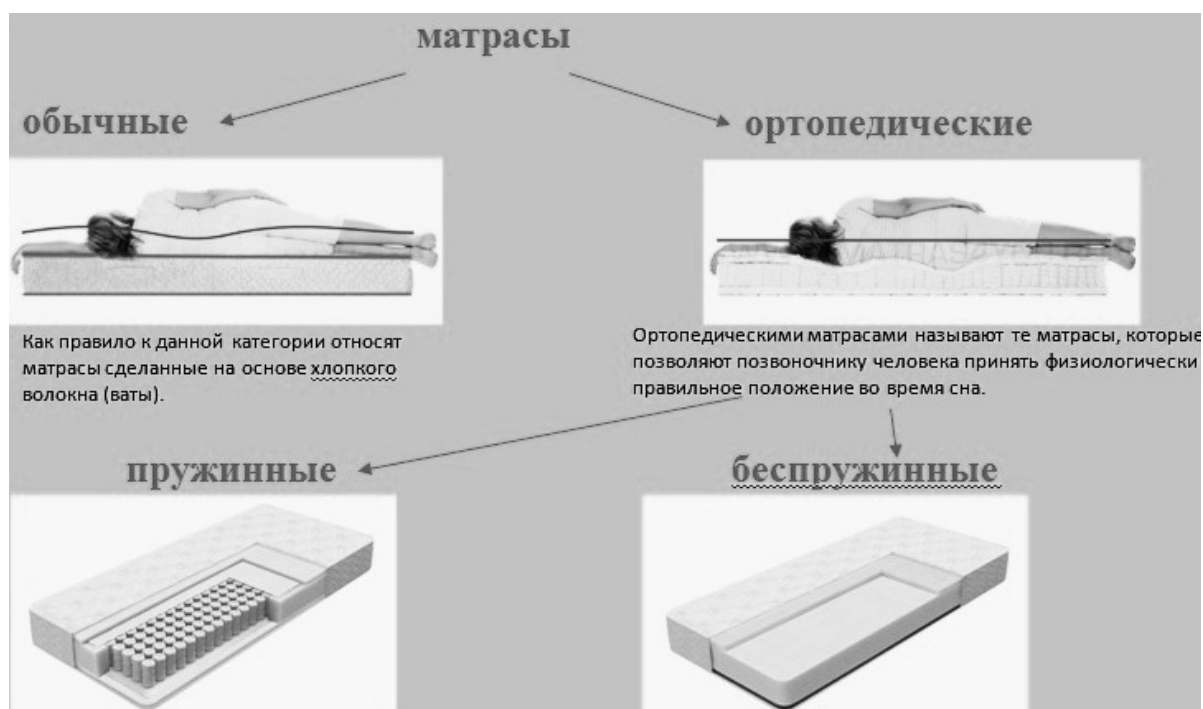


Рис. 1. Виды матрасов

Пружинные матрасы представляют собой изделия с множеством внутренних чехлов с пружинками, отделенными друг от друга. Такая система повышает упругость матраса, позволяя ему изгибаться в каждой точке поверхности. Пружинные матрасы бывают двух видов: непрерывного плетения и изготовленные на независимом пружинном блоке.

Наибольшую популярность среди матрасов непрерывного плетения получили матрасы «Боннель» – сравнительно недорогие и способные выдерживать большую нагрузку. Недостатком таких матрасов является то, что при их производстве используются пружины большого диаметра, за счет чего снижаются ортопедические свойства.

У матрасов на независимом пружинном блоке каждая пружинка помещена в специальный мешочек, за счет этого такие матрасы бесшумны в процессе эксплуатации.

Важными характеристиками пружинных матрасов является количество витков пружины: чем их больше, тем удобнее матрас. Блоки непрерывного плетения состоят из пружин с 4–5 витками, независимые блоки – из пружин с 6–9 витками. Между собой независимые блоки отличаются количеством пружин, приходящихся на спальное место ($1 \times 2 \text{ м}^2$). Чем выше их плотность, тем более качественную и точную поддержку спины обеспечивает матрас, а также чем больше пружин, тем выше ортопедические свойства.

Точечная эластичность – это ключевая характеристика, позволяющая определить ортопедические свойства матраса и величину независимого реагирования на нагрузку каждой единицы поверхности матраса. Высокая точечная эластичность позволяет матрасу максимально точно приспособиться к телу лежащего, правильно распределяя нагрузку на ткани и мышцы, а также сохранить оптимальное положение позвоночника вне зависимости от позы.

Матрасы могут быть 3-х, 5-ти и 7-зональные. Особенность таких матрасов заключается в том, что зоны плеч, бедер и талии получают правильную поддержку. Позвоночник приобретает естественное положение, а мышцы находятся в расслабленном

состоянии. Многозонный матрас обеспечивает наилучший комфорт и сон, обеспечивает наилучшую позу тела во сне и оптимальное давление на различные точки тела. Зонирование достигается за счет изменения жесткости (упругости) различных зон матраса (как в блоке, так и в наполнителях).

Главным достоинством пружинных матрасов является невысокая стоимость (по сравнению с беспружинными) и высокие ортопедические свойства. К недостаткам можно отнести появление ржавчины, скрипа, пыли, микробов и даже насекомых, а износ пружин в процессе эксплуатации ведет к провисанию матраса.

Беспружинные матрасы состоят из одного или нескольких наполнителей, уложенных слоями. Основные виды применяемых наполнителей приведены на рисунке 2. Многослойный беспружинный блок для сна быстро восстанавливает форму за счет натуральных или искусственных составляющих (латекса, кокосового волокна, поролона и пр.). Блоки из этих наполнителей могут чередоваться. Беспружинные матрасы отличаются отсутствием скрипа, вес человека распределяется по поверхности матраса равномерно, благодаря чему достигаются великолепные ортопедические свойства и дополнительный комфорт. Основными недостатками таких матрасов являются их высокая стоимость и проблемы в выборе качественного наполнения.

Изолирующие материалы предотвращают изнашивание пружин и наполнителей матрасов. Наиболее используемыми изолирующими материалами являются спанбонд (для матрасов с независимым пружинным блоком) и войлок (обеспечивает конструкции матраса прочность, долговечность и дополнительную жесткость).

Основные технологические стадии производства матрасов на независимом пружинном блоке приведены на рисунке 3.



Рис. 2. Виды наполнителей, применяемых в конструкции матраса



Рис. 3. Технологические стадии производства матрасов на независимом пружинном блоке

На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что «идеального» матраса не существует, есть оптимальный для конкретного человека вариант. Выбор матраса – это дело не только личных пристрастий, здесь немаловажную роль должны сыграть медицинские соображения и показания ортопедов.

В испытательной лаборатории лесопромышленной продукции Уральского государственного лесотехнического университета предполагается произвести испытания беспружинных и пружинных матрасов на:

- долговечность пружинных мягких элементов;
- остаточную деформацию беспружинных мягких элементов.

Соблюдение этих требований обеспечивается техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности мебельной продукции» (ТР ТС-025 – 2012) [3].

Методы испытаний проводятся по ГОСТу 19918.3-79 «Мебель для сидения и лежания. Метод определения остаточной деформации беспружинных мягких элементов», ГОСТу 14314-94 «Мебель для сидения и лежания. Метод испытания мягких элементов на долговечность».

Библиографический список

1. Ортопедический матрас: навыки навигации в море комфорта. – URL: <http://www.berlogos.ru/articles> (Дата обращения: 02.04.2015).
2. Каталог матрасов SwissHome. – URL: <http://www.swisshome.ru/catalog/mattress/assortment> (Дата обращения: 02.04.2015).
3. О безопасности мебельной продукции: технический регламент Таможенного союза (ТР ТС-025 – 2012).

УДК 339.13

Н.К. Казанцева, Т.В. Казанцева

(УрФУ, г. Екатеринбург, РФ), nkazan@yandex.ru;

Е.С. Синегубова

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

ИНФОРМАТИВНОСТЬ ПРОДУКЦИИ

INFORMATION CONTENT OF PRODUCTS

Информативность продукции – один из критериев ее конкурентоспособности. Поговорим в статье о маркировке продукции, видах информационных знаков, знаке обращения и знаке соответствия, системах сертификации и приведем примеры знаков соответствия.

The information content of products is one of the criteria of competitiveness. Talk in the article about the labelling of products, types of information signs, the sign and the mark of conformity, the certification systems. Give examples of marks of conformity.

В рыночной экономике решающим фактором коммерческого успеха товара является его конкурентоспособность. Конкурентоспособность – это многоаспектное понятие, означающее соответствие товара условиям рынка, конкретным требованиям потребителей по своим качественным, техническим, экономическим, эстетическим характеристикам, а также и по коммерческим и иным условиям.

Конкурентоспособность – способность продукции быть привлекательной по сравнению с другими изделиями аналогичного вида и назначения благодаря лучшему соответствию своих характеристик требованиям данного рынка и потребительским оценкам.

В последние десятилетия с установлением рыночных отношений наблюдается усиление конкурентной борьбы на внутреннем рынке РФ со стороны отечественных предприятий, перед которыми ставятся задачи по достижению устойчивых конкурентных преимуществ, которые формируются за счет свойств продукции.

Основными критериями конкурентоспособности продукции являются: уровень качества, безопасность, потребительская новизна, имидж, подлинность, социальная адресность, информативность.

Один из показателей конкурентоспособности продукции – это ее информативность.

Информативность продукции – это ее способность выражать свою общественную ценность через информацию о конкурентных преимуществах [1]. В основе принятия потребителем решения о покупке лежит поиск информации о конкурентных преимуществах продукции. Для сообщения данной информации используют маркировку продукции.

Маркировка – это нанесение условных знаков, букв, цифр, надписей на объект, чтобы отличить его от других объектов и сообщить об особых его свойствах. Условные обозначения, используемые при маркировке, включают в себя достаточно обширную информацию, которую можно структурно представить следующим образом (рисунок 1) [2].



Виды информационных знаков

В данной конструкции каждая группа знаков объединяет большое количество вариантов. С точки зрения конкурентных преимуществ в первую очередь представляет интерес информация, относящаяся к группе идентифицирующих и информационных знаков, которые свидетельствуют о безопасности продукции и соответствии характеристик продукции различным стандартам. Информацию, относящуюся к группе идентифицирующих и информационных знаков можно разделить на две группы: непосредственные и опосредованные конкурентные преимущества [1]. Непосредственные конкурентные преимущества связаны с теми или иными критериями конкурентоспособности

или их совокупностью непосредственно самой продукции. К непосредственным преимуществам относятся: повышенные показатели качества, свидетельства прохождения потребительской экспертизы, подтверждение подлинности, свидетельства прохождения добровольной сертификации, соответствие требованиям международных стандартов и другие. Опосредованные конкурентные преимущества – это преимущества, связанные состоянием предприятия-изготовителя, его имиджем. К опосредованным конкурентным преимуществам относятся: наличие сертифицированной системы качества; улучшенное сырье, технология, упаковка; производство под авторским контролем и другие. Информация о непосредственных и опосредованных конкурентных преимуществах продукции сообщается с помощью знаков обращения и знаков соответствия.

Согласно федеральному закону РФ № 184-ФЗ «О техническом регулировании» при подтверждении соответствия посредством декларирования или обязательной сертификации на территории РФ применяют знак обращения на рынке и знак соответствия.

Знак обращения на рынке – обозначение, служащее для информирования потребителей о соответствии выпускаемой в обращение продукции требованиям технического регламента [3]. Знаки обращения используют в мире уже достаточно давно на разных экономических территориях. Знаки и варианты их исполнения с краткой характеристикой назначения приведены в таблице 1.

Другая группа знаков – это знаки соответствия.

Знак соответствия – обозначение, служащее для информирования приобретателей о соответствии объекта сертификации требованиям системы добровольной сертификации или национальному стандарту [3].

Сертификация в современных условиях является основным и признанным в мире доказательством соответствия продукции заявленным требованиям. Если обязательная сертификация – подтверждение безопасности, то добровольная сертификация – это свидетельство качества продукции и ее конкурентоспособности. Причем уровень заявленных документов, на соответствие которым проводится сертификация, определяет и уровень конкурентоспособности.

Таблица 1

Знаки обращения

<p><i>Знак обращения продукции на рынке РФ</i></p> <p>Требования к продукции, установленные в технических регламентах РФ, являются обязательными. Без процедуры подтверждения соответствия продукции установленным требованиям она не допускается в сферу обращения.</p> <p>Варианты исполнения знака обращения на рынке РФ:</p>			
			
<p><i>Единый знак обращения продукции на рынке государств-членов Таможенного союза</i></p> <p>Единый знак обращения свидетельствует о том, что продукция, маркированная им, прошла все установленные в технических регламентах Таможенного союза процедуры подтверждения соответствия и соответствует требованиям всех распространяющихся на данную продукцию технических регламентов Таможенного союза.</p> <p>ЕАС расшифровывается как Евразийское соответствие (Eurasian conformity)</p>			

			
<p><i>CE-маркировка</i></p> <p>Наличие маркировки CE на продукции является необходимым условием для ее свободного обращения на территории стран Европейского союза.</p> <p>Маркировка товаров знаком соответствия CE возможна только после прохождения процедуры подтверждения соответствия продукции требованиям обязательных европейских нормативных документов – директив ЕС, которые имеют силу закона. Этот знак называют <i>CE-mark</i>.</p> <p><i>CE-mark</i> ставится на продукцию после обязательного подтверждения соответствия требованиям Директив в форме декларирования или обязательной сертификации</p>			
			

Добровольная сертификация может проводится на соответствие национальным и международным стандартам, а также на соответствие системам добровольной сертификации.

Система сертификации – совокупность правил выполнения работ по сертификации, ее участников и правил функционирования системы сертификации в целом [4]. Некоторые знаки соответствия с их краткой характеристикой приведены в таблице 2.

Таблица 2

Примеры знаков соответствия

<p><i>Знак соответствия директиве RoHS</i></p> <p>RoHS (Restriction of Hazardous Substances) – директива 2002/95/EC, ограничивающая содержание вредных веществ; была принята Европейским союзом в 2003 году и вступила в силу 1 июля 2006 г.</p> <p>Директива RoHS устанавливает точные пределы допустимых концентраций, соблюдение которых обязательно. Директива RoHS распространяет свое действие не только на территорию ЕС, но и на производителей электронного и электрического оборудования за пределами стран ЕС в том случае, если их продукция предназначена для стран ЕС. Директива RoHS распространяется на следующие категории продукции: бытовая техника, телекоммуникационное оборудование и оборудование информационной техники, потребительская электроника, осветительная арматура, электрические инструменты, игрушки, товары для досуга и спортивные товары, торговые автоматы, лампы накаливания</p>			
			

<p align="center"><i>Знак соответствия национальным стандартам России</i></p> <p>В настоящее время данный знак применяется по двум вариантам.</p> <p><i>Вариант I.</i> Знак подтверждает соответствие обязательным требованиям на продукцию, включенную в «Перечни продукции, подлежащей обязательному подтверждению соответствия в форме сертификации или в форме декларирования», утверждаются Правительством РФ</p>			
			 АЯ 85
<p><i>Вариант II.</i> Знак подтверждает соответствие добровольным требованиям национальных стандартов России в системе ГОСТ Р.</p> <p>Добровольное подтверждение может осуществляться только в форме добровольной сертификации</p>			
			
<p align="center"><i>Система добровольной сертификации «Листок жизни»</i></p> <p>«Листок жизни» – единственная экологическая маркировка, признанная международным сообществом и соответствующая мировой практике добровольной экологической сертификации. В процессе сертификации по системе «Листок жизни» аудиторы оценивают не только сами продукты, но и сырье, производство, упаковку, способы транспортировки к конечному потребителю, особенности утилизации. Основные принципы экологической сертификации по этой схеме заложены в международных стандартах серии ISO 14020 и ISO 14040</p>			
			
<p align="center"><i>Знаки соответствия стандартам ТСО</i></p> <p>ТСО – группа стандартов Швеции для добровольной сертификации на безопасность и эргономичность электронного оборудования, прежде всего компьютерного. ТСО (<i>The Swedish Confederation of Professional Employees</i>) расшифровывается как шведская федерация профсоюзов. Суть рекомендаций стандартов ТСО состоит в определении приемлемых параметров различного типа излучений и их допустимых значений, а также в определении методики тестирования.</p> <p>Стандарты именуются по годам и в настоящее время включают ТСО'92, ТСО'95, ТСО'99, ТСО'01, ТСО'03, ТСО'04, ТСО'06, ТСО'07.</p> <p>ТСО'95 всего лишь расширил область рекомендуемых требований на компьютер. Особое внимание было уделено защите окружающей среды в процессе производства и утилизации компьютеров.</p> <p>ТСО'99 сосредоточил внимание на экологии и эргономике компьютеров.</p>			

<p>В TCO'01 сформулированы требования к мобильным телефонам. TCO'03 ужесточает некоторые требования стандарта TCO'99. TCO'06 – это расширенный и переработанный вариант TCO'03, в котором дополнительно регламентированы параметры многофункциональных мультимедийных дисплеев. TCO'07 – требования к гарнитуре</p>			
			
			
<p align="center"><i>Знаки соответствия стандарту FCC</i></p> <p>Данный знак уведомляет потребителя о соответствии объекта требованиям стандарта FCC.</p> <p>Для обеспечения электромагнитной совместимости и бесперебойной работы электронных систем приняты международные законодательные акты и стандарты. Наиболее важными в этой области являются стандарт FCC и стандарт CISPR (International Special Committee on Radio Interference – международный специальный комитет по борьбе с радио-помехами).</p> <p>В стандартах FCC цифровое электронное оборудование разделяется на два вида: оборудование класса А (используется только в промышленных и других специально подготовленных зонах) и оборудование класса В (которое может использоваться в жилых и офисных помещениях). К этому классу относятся персональные компьютеры, калькуляторы и другие подобные устройства для широкого использования. Нормы стандартов для класса В являются более жесткими.</p> <p>Стандарты учитывают два вида излучений:</p> <ul style="list-style-type: none"> – кондуктивные помехи на вводах электропитания; – напряженность электрического поля помех при их излучении в эфир 			
		<p>Federal Communication Commission U.S.A. – FCC. Федеральная комиссия по связи США – независимое правительственное агентство Соединенных Штатов, созданное, управляемое и уполномоченное в соответствии с уставом Конгресса США</p>	
			Товарный знак FCC

Библиографический список

1. Российская Федерация. Законы. О техническом регулировании: [федер. закон: принят Госдумой 27.12.2002 г.: по состоянию на 23.06.2014 г., № 184-ФЗ].
2. Казанцева Н.К. Техническое регулирование и метрология: учеб. пособие / Н.К. Казанцева. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн ун-т, 2011. – С. 321.

3. Знаки для маркировки продукции в России и Германии // Н.К. Казанцева, Т.В. Казанцева, Е.С. Нагибина, А. Викулова, Е.С. Синегубова // Труды IX Междун. евразийского симпозиума «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент 21 века». – Екатеринбург. – С. 69–73.

4. Казанцева Н.К. Досье: органы по сертификации / Н.К. Казанцева, Т.В. Казанцева // Леса России и хозяйство в них. – 2012. – № 1–2. – С. 47–56.

УДК 339.9

Н.К. Казанцева, Е.А. Котель
(УрФУ, г. Екатеринбург, РФ), nkazan@yandex.ru;
Е.С. Синегубова
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), sinyes@yandex.ru

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

TECHNICAL REGULATION IN MODERN CONDITIONS

В статье мы рассмотрим реформу системы технического регулирования, суть и реализацию технического регулирования, ответственность за соблюдение обязательных требований, технические регламенты Таможенного союза.

In this article we will discuss reform of technical regulation system, the essence and implementation of technical regulation, responsible for compliance with mandatory requirements, technical regulations of the Customs Union.

Понятие «техническое регулирование» сегодня активно применяется в современном мире. Сфера такого регулирования достаточно широкая, так как она покрывает почти полностью зону регулятивного воздействия государства на бизнес. Именно поэтому формирование эффективной системы технического регулирования является одним из составных и обязательных элементов общей стратегии развития конкурентоспособной и процветающей экономики Российской Федерации.

Началом реформы системы технического регулирования в нашей стране можно считать 1 июля 2003 г., когда вступил в силу Федеральный закон «О техническом регулировании» № 184-ФЗ от 27.12.2002 г., который в настоящее время претерпел большие изменения и действует в редакции от 23 июня 2014 г. Целями реформы технического регулирования явились [1]:

- ликвидация препятствий в виде необоснованных административных барьеров для развития бизнеса;
- снятие ограничений для технического прогресса и нововведений;
- стимулирование предпринимательской инициативы.

Термин «техническое регулирование» определяет правовое регулирование отношений в области установления, применения и исполнения обязательных требований к продукции и процессам (производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации), в области установления и применения на добровольной основе требований к продукции, процессам (производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации) выполнению работ или оказанию услуг, а также в области оценки соответствия [2]. Другими словами, техническое регулирование – это правовое регулирование отношений в области установления, применения и исполнения обязательных и добровольных требований к продукции, процессам, работам и услугам. Техническое регулирование включает три направления деятельности: законодательство,

стандартизацию, оценку соответствия. Суть каждого из них и способы реализации представлены на рисунке 1.

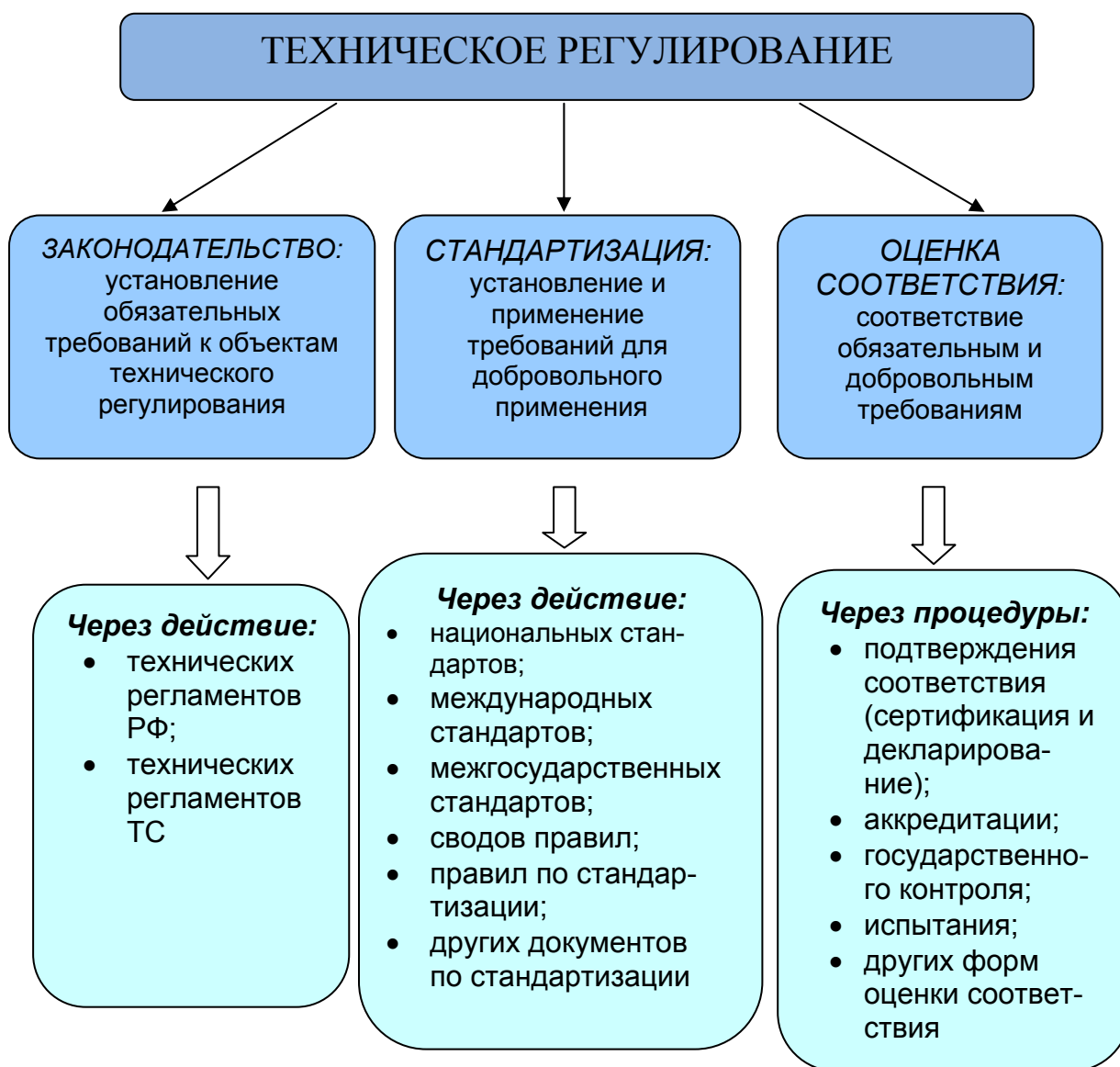


Рис. 1. Суть и реализация технического регулирования

Таким образом, техническое регулирование – это все, что относится к нормированию обязательных и добровольных требований к продукции и процессам, подтверждению соответствия установленным требованиям, государственному контролю за соблюдением установленных обязательных требований, иным видам контроля за продукцией, процессами, работами и услугами.

Безопасность – первое ключевое слово технического регулирования. В соответствии с ИСО/МЭК 2:2004 безопасность – это отсутствие недопустимого риска, связанного с возможностью нанесения ущерба, а в соответствии с законом «О техническом регулировании» № 184-ФЗ понятие безопасность уточняется как состояние, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни и здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений. Все участники рынка должны быть проинформированы о безопасности и других свойствах продукции. Система технического регулирования заставляет производителей

строго соблюдать обязательные требования по безопасности в отношении различных товаров и процессов. Требования по безопасности являются обязательными и устанавливаются в технических регламентах.

Качество – это второе ключевое слово технического регулирования. Качество – емкая, сложная и универсальная категория, имеющая множество особенностей и различных аспектов, но в данном контексте – это характеристики продукции или другого объекта, которые способствуют безопасности, а также делают товар наиболее привлекательным и конкурентоспособным. Требования, определяющие качество продукта, сформулированы в различных документах по стандартизации, которые являются добровольными для применения: в стандартах разного уровня (национальных, международных, корпоративных), правилах и сводах правил и других документах.

Система технического регулирования определяет совокупность требований и алгоритм обеспечения установленных требований (рис. 2).

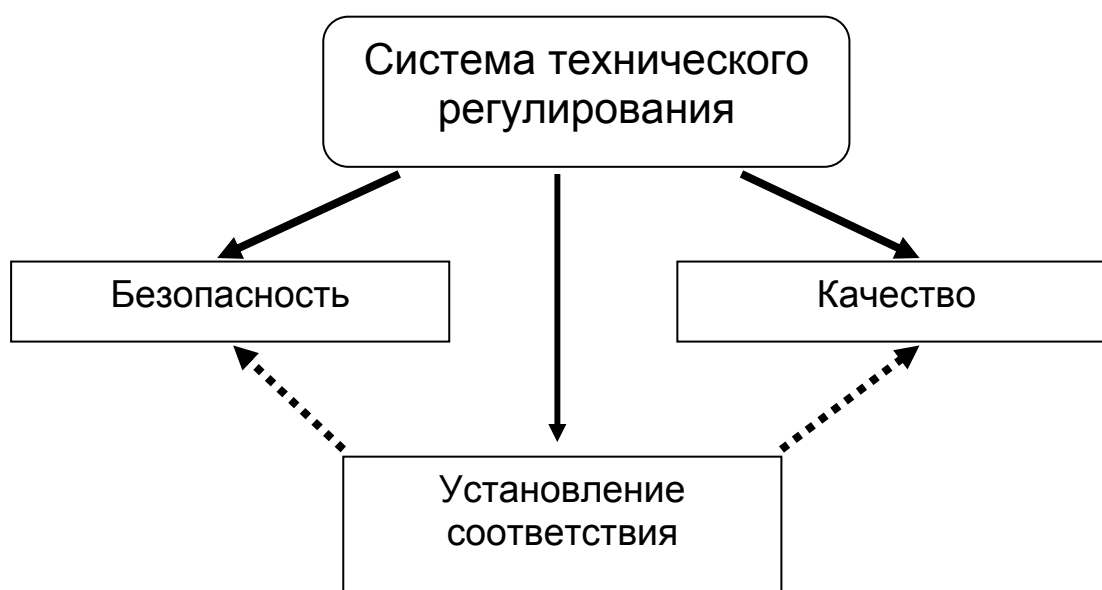


Рис. 2. Алгоритм обеспечения установленных требований

Установление ответственности за соблюдение обязательных требований – очень важный инструмент в руках государства. Государственная Дума РФ приняла новую редакцию Кодекса об административных правонарушениях (Федеральный закон от 18 июля 2011 г. № 237-ФЗ «О внесении изменений в Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях»). В этой редакции закона впервые очень четко определены виды правонарушений в области технического регулирования и виды административного наказания в соответствии с тяжестью нарушений. Кроме того, зафиксирована повышенная ответственность за декларирование соответствия. Это обстоятельство позволило существенно сократить перечень продукции, подлежащей сертификации, и расширить перечень продукции, подлежащей декларированию соответствия. Максимальный уровень штрафа за несоблюдение требований безопасности повысился в 40 раз и составляет в настоящее время 1 млн рублей.

Установленные технические правила, действующие стандарты и нормы делают возможной современную международную торговлю всеми товарами между странами, особенно готовыми промышленными изделиями. Технические требования обеспечивают совместимость товаров, производимых предприятиями различных стран, гарантируют необходимый уровень качества товаров, их безопасность для жизни или здоровья, их экологическую безопасность.

В соответствии с Соглашением по техническим барьерам федеральный закон «О техническом регулировании» установил разработку и принятие целого блока технических регламентов, документов, которые должны описывать обязательные требования, предъявляемые к объектам технического регулирования. При этом термин «технический регламент» определяется следующим образом – это *«документ, который принят международным договором РФ, ратифицированным в порядке, установленном законодательством РФ, или межправительственным соглашением, заключенным в порядке, установленном законодательством РФ, или федеральным законом, или указом Президента РФ, или постановлением Правительства РФ, или нормативным правовым актом федерального органа исполнительной власти по техническому регулированию, и устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования»* [2].

С начала формирования Таможенного союза 1 января 2010 года началась подготовка технических регламентов Таможенного союза, которые обеспечивают единое пространство обязательных требований по безопасности. По состоянию на январь 2015 года вступили в действие 34 технических регламента Таможенного союза. Цели их принятия определены алгоритмом действия системы технического регулирования и ее ключевыми понятиями [2]:

- 1) защита жизни и здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества;
- 2) охрана окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений;
- 3) предупреждение действий, вводящих в заблуждение приобретателей;
- 4) обеспечения энергетической эффективности и ресурсосбережения.

Технические регламенты Таможенного союза принимаются Решением Евразийской экономической комиссии (ЕЭК – постоянно действующий орган), а подготовка всех решений ведется под руководством министра по вопросам технического регулирования ЕЭК в департаменте технического регулирования. Технические регламенты Таможенного союза призваны обеспечить единые требования по безопасности на территории стран-участниц. С 1 января 2015 года вступил в силу Договор о Евразийском экономическом союзе (ЕАЭС). Договором утверждается создание экономического союза, в рамках которого обеспечиваются свобода движения товаров, услуг, капитала и рабочей силы, проведение скоординированной, согласованной или единой политики в отраслях экономики и действие общих технических регламентов.

Договор о ЕАЭС был подписан Президентами Республики Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации 29 мая 2014 года в Астане. Членами Союза, помимо этих трех государств, уже стала Республика Армения, подписавшая Договор о присоединении к Союзу 10 октября 2014 года, и Кыргызская Республика, которая присоединилась к союзу 1 мая 2015 г.

Библиографический список

1. Казанцева Н.К. Техническое регулирование и метрология: учеб. пособие / Н.К. Казанцева. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. – 321 с.
2. Российская Федерация. Законы. О техническом регулировании: [федер. закон: принят Госдумой 27.12.2002 г.: по состоянию на 23.06.2014 г., № 184-ФЗ].

УДК 691.11:620.179.16

М.Ф. Лавров, А.Е. Местников

(Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Амосова,
г. Якутск, Республика Саха, РФ), mishalis@inbox.ru;

Ю.Б. Левинский

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ
В ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЯХ МЕТОДАМИ ИМПУЛЬСНОЙ ТОМОГРАФИИ
И ОРИЕНТИРОВАННОГО СВЕРЛЕНИЯ**

**RESEARCHING OF THE DENSITY DISTRIBUTION IN THE TRANSVERSE
SECTIONS BY MICRODRILLING AND ULTRASONIC METHODS**

В статье представлены методы и результаты исследования качественных показателей древесины, полученные в лабораторных и полевых условиях, а также разработанные автором способы графического отображения распределения плотности в поперечных и продольных сечениях ствола дерева по результатам замеров методом ориентированного сверления.

Предложенные способы построения графиков распределения плотности позволяют оценивать показатели плотности в круглых сортиментах заготовок, что позволяет использовать их в качестве теоретической основы создания специального программного обеспечения для приборов, работающих по принципу ориентированного сверления. Разработанная методика оценки качественных показателей лесных ресурсов способствует расширению границ использования древесных материалов, снижению их себестоимости, а также повышению качества строительных деревянных конструкций и сооружений.

The article presents the methods and results of research larchwood, and mapping of the density distribution in the transverse and axial sections of a tree trunk by microdrilling methods. The proposed methods for charting the distribution of the density of a measurement in trunk that allows them to be used as a theoretical basis for special software the microdrilling. The developed quantitative evaluation methods of forest resources contributed to the expansion of the use of wood materials, reduce cost, and improve the quality of construction of wooden structures and constructions.

Комплексные исследования ведущих ученых по проблемам древесиноведения позволили установить, что по мере продвижения с запада на восток влажность древесины лиственницы уменьшается, а прочностные свойства возрастают [1–3]. В то же время плотность древесины в абсолютно сухом состоянии в зависимости от района произрастания существенно не различается [1–6]. Таким образом, условия произрастания древесных пород оказывают определенное влияние на физико-механические свойства древесины.

Во всех случаях отмечено, что в абсолютно сухом состоянии плотность древесины в комлевой части обладает наибольшими показателями и значительно снижается к середине высоты ствола. В некоторых случаях можно наблюдать небольшое повышение плотности древесины в районе кроны [1, 7]. Характер распределения показателей плотности древесины в различных участках ствола деревьев объясняется неравномерным отложением годичных слоев и различным соотношением ранней и поздней древесины. Наибольшая плотность древесины в абсолютно сухом состоянии отмечается в комлевой части ствола, которая обусловлена еще и тем, что эта часть ствола, выполняя

функцию опоры дерева, несет большую механическую нагрузку. Повышение плотности этих участков ствола связано с увеличением толщины стенок клеток и большим содержанием смол и других экстрактивных веществ [7–10].

В пределах каждого дерева любой породы древесины плотность весьма неоднородна по своей величине и зоне ствола (рис. 1) [1, 7]. Это, безусловно, создает серьезные, а в ряде случаев и непреодолимые трудности в подборе древесины с однородными свойствами для ответственных изделий и конструкций.

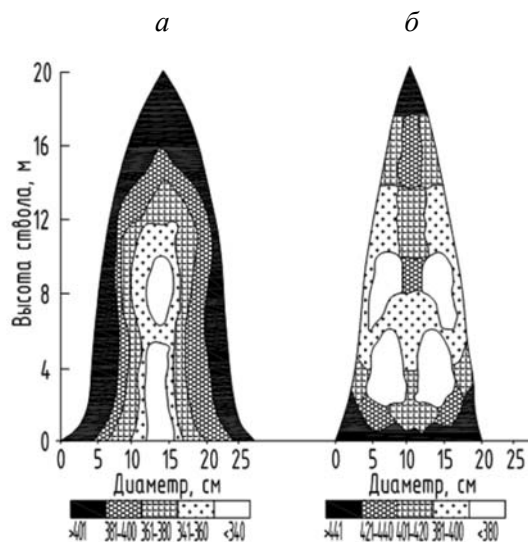


Рис. 1. Денситограмма ствола ели (а) и осины (б)

Возрастающие требования к рациональному использованию древесины предполагают проведение высокоточной и обширной диагностики строения, состояния и качества древесины, что позволяет получить достоверные данные о состоянии древесины, ее анатомическом строении и основные физико-механические показатели. В связи с актуальностью проблемы оперативного диагностирования качества древесины целью данной работы является повышение эффективности определения плотности древесины современными неразрушающими методами.

К неразрушающим акустическим методам можно отнести: ультразвуковой импульсный, фазовый, резонансный, ударный. Ультразвуковой импульсный метод основан на использовании механических колебаний высокой частоты. Характерной особенностью ультразвукового импульсного метода является возбуждение высокочастотных колебаний малой амплитуды в ограниченном объеме материала. При этом материал не меняет своей формы, лишь изменяет скорость прохождения импульса в некоторой локальной зоне по линии прозвучивания.

Сверильный метод позволяет оценить прочность древесины на произвольной глубине путем регистрации количества работы сверления в последовательно просверливаемых слоях исследуемых деревьев, телеграфных столбов, шпал, мостовых брусев и т.п.

Материалы и методы исследований древесины

Для исследования качественных показателей древесины лиственницы даурской были отобраны модельные деревья в количестве 9 шт., а также один экспериментальный ствол с явно выраженными пороками строения (наклоном волокон, кривизной, сбежистостью и т.д.). Отбор модельных деревьев осуществлялся по ГОСТу 16483.6–80 в лимново-брусничном лесу на 25 километре федеральной автомобильной дороги «Вилуй». Согласно ГОСТу 16483.6–80 модельные деревья исследуемой породы выбраны из числа деревьев, величина диаметров которых удовлетворяет требованиям, предъявляемым к лесоматериалам в зависимости от их назначения.

Для проведения ультразвуковых импульсных испытаний использовано оборудование по определению внутренней структуры древесины – импульсный томограф «АРБОТОМ[®]» (производство RINNTECH, Германия).

В каждом сенсоре томографа «АРБОТОМ» имеется виброметр и электронная схема для определения реального времени прохождения поступающих импульсов. Скорость ультразвука рассчитывается временем прохождения импульсов между сенсорами (рис. 2).

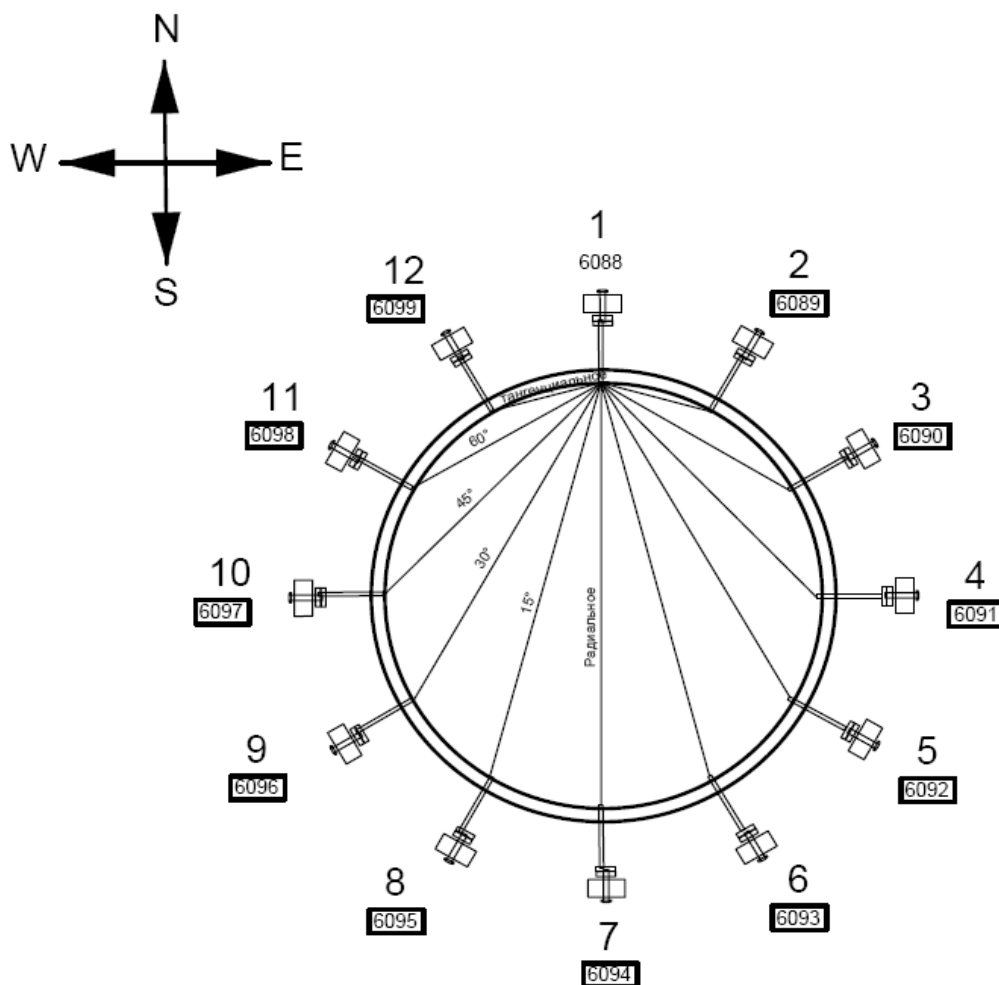


Рис. 2. Схема прохождения импульсов между сенсорами

Скорости прохождения импульсов собираются в матрицу и представляются в виде линейных или плоскостных графических построений.

Исследование качественных показателей древесины лиственницы даурской с использованием метода ориентированного сверления проводилось по следующей программе [11–13]:

- установление последовательности проведения испытаний и анализа данных по оценке качества древесины;
- установление характерных зон замера;
- определение внутренней структуры древесины с разметкой границ ранней и поздней древесины;
- приведение измеряемых значений res_i к истинным значениям показателей;
- установление связи базисной плотности древесины с условными единицами res_i .

Пример заполнения таблицы северо-восточной части ствола представлен на рисунке 4.

N16	NE16-20	NE16-19													
N15	NE15-19	NE15-18	NE16-18	NE16-17											
N14	NE14-17	NE14-16	NE15-17	NE15-16	NE16-16	NE16-15									
N13	NE13-16	NE13-15	NE14-15	NE14-14	NE15-15	NE15-14	NE16-14	NE16-13							
N12	NE12-15	NE12-14	NE13-14	NE13-13	NE14-13	NE14-12	NE15-13	NE15-12	NE16-12	NE16-11					
N11	NE11-13	NE11-12	NE12-13	NE12-12	NE13-12	NE13-11	NE14-11	NE14-10	NE15-11	NE15-10	NE16-10				
N10	NE10-12	NE10-11	NE11-11	NE11-10	NE12-11	NE12-10	NE13-10	NE13-9	NE14-9	NE15-9	NE16-9				
N9	NE9-11	NE9-10	NE10-10	NE10-9	NE11-9	NE11-8	NE12-9	NE12-8	NE13-8	NE14-8	NE15-8	NE16-8			
N8	NE8-9	NE8-8	NE9-9	NE9-8	NE10-8	NE10-7	NE11-7	NE12-7	NE13-7	NE14-7	NE15-7	NE16-7			
N7	NE7-8	NE7-7	NE8-7	NE8-6	NE9-7	NE9-6	NE10-6	NE11-6	NE12-6	NE13-6	NE14-6	NE15-6	NE16-6		
N6	NE6-7	NE6-6	NE7-6	NE7-5	NE8-5	NE9-5	NE10-5	NE11-5	NE12-5	NE13-5	NE14-5	NE15-5	NE16-5		
N5	NE5-5	NE5-4	NE6-5	NE6-4	NE7-4	NE8-4	NE9-4	NE10-4	NE11-4	NE12-4	NE13-4	NE14-4	NE15-4	NE16-4	
N4	NE4-5	NE3-4	NE5-3	NE6-3	NE7-3	NE8-3	NE9-3	NE10-3	NE11-3	NE12-3	NE13-3	NE14-3	NE15-3	NE16-3	
N3	NE3-2	NE3-3	NE4-2	NE5-2	NE6-2	NE7-2	NE8-2	NE9-2	NE10-2	NE11-2	NE12-2	NE13-2	NE14-2	NE15-2	NE16-2
N2	NE2-1	NE3-1	NE4-1	NE5-1	NE6-1	NE7-1	NE8-1	NE9-1	NE10-1	NE11-1	NE12-1	NE13-1	NE14-1	NE15-1	NE16-1
C	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16

Рис. 4. Форма табличного заполнения данных

На рисунке 4 показаны идентификационные номера, где в ячейках главных осей (N_i , E_i) записываются экспериментальные данные средних значений плотности (на участке длиной в 1 см), а в ячейках ($NE_{i,k}$) – расчетные данные распределения плотности, которые определяются по формуле:

$$NE_{i,k} = E_i - \frac{k}{n+1}(E_i - N_i),$$

где $NE_{i,k}$ – расчетные данные распределения плотности;

E_i – значение средней плотности (кг/м^3) в восточной части на i -м расстоянии (см) от центральной оси;

k – номер ячейки на i -м расстоянии (см) от центральной оси;

n – количество ячеек на i -м расстоянии (см) от центральной оси;

N_i – значение средней плотности северной части на i -м расстоянии (см) от центральной оси.

Пример расчета данных в ячейке NE12-9:

значение $N_{12} = 588 \text{ кг/м}^3$; $E_{12} = 689 \text{ кг/м}^3$; $k = 9$; $n = 15$;

$NE_{12-9} = 689 - 9/16(689 - 588) = 632 \text{ (кг/м}^3\text{)}$.

Результаты исследования

Полученные данные скорости прохождения импульсов были распределены в зависимости от угла прохождения импульсов относительно годовичных слоев. Для определения зависимости скорости прохождения импульсов от угла, высоты снятия замера измерены расстояния между датчиками. В таблице 1 представлены значения углов прохождения импульсов между датчиками относительно поперечного сечения ствола.

Значение углов прохождения импульсов между датчиками по отношению к поперечному сечению ствола

№ датчиков	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	х	Танг.	60	45	30	15	Рад	15	30	45	60	Танг.
2	Танг.	х	Танг.	60	45	30	15	Рад	15	30	45	60
3	60	Танг.	х	Танг.	60	45	30	15	Рад	15	30	45
4	45	60	Танг.	х	Танг.	60	45	30	15	Рад	15	30
5	30	45	60	Танг.	х	Танг.	60	45	30	15	Рад	15
6	15	30	45	60	Танг.	х	Танг.	60	45	30	15	Рад
7	Рад	15	30	45	60	Танг.	х	Танг.	60	45	30	15
8	15	Рад	15	30	45	60	Танг.	х	Танг.	60	45	30
9	30	15	Рад	15	30	45	60	Танг.	х	Танг.	60	45
10	45	30	15	Рад	15	30	45	60	Танг.	х	Танг.	60
11	60	45	30	15	Рад	15	30	45	60	Танг.	х	Танг.
12	Танг.	60	45	30	15	Рад	15	30	45	60	Танг.	х

В процессе исследований было обнаружено, что древесина лиственницы обладает значительным разбросом скорости звуковых импульсов. Так, скорость распространения импульсов в испытуемых модельных деревьях колеблется в пределах от 840 до 2246 м/сек. Усредненные значения замеров показаны на рисунке 5.

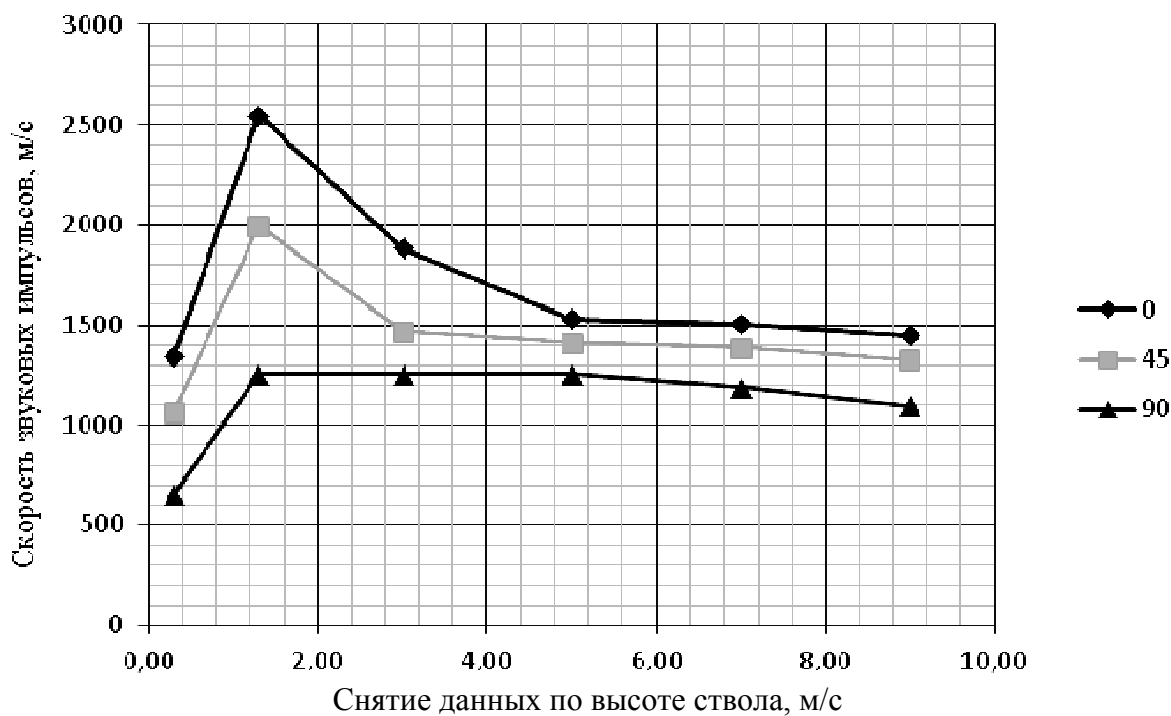


Рис. 5. График изменения скорости прохождения звуковых импульсов по высоте ствола дерева и угла прохождения в поперечном сечении ствола

В ходе экспериментальных исследований проведен сравнительный анализ плоскостных графиков распределения плотности с графиками распределения скорости звуковых импульсов, полученных с помощью звукового томографа «АРБОТОМ», (фирмы RINNTECH, Германия) [12, 14, 15]. Результаты представлены на рисунке 6.

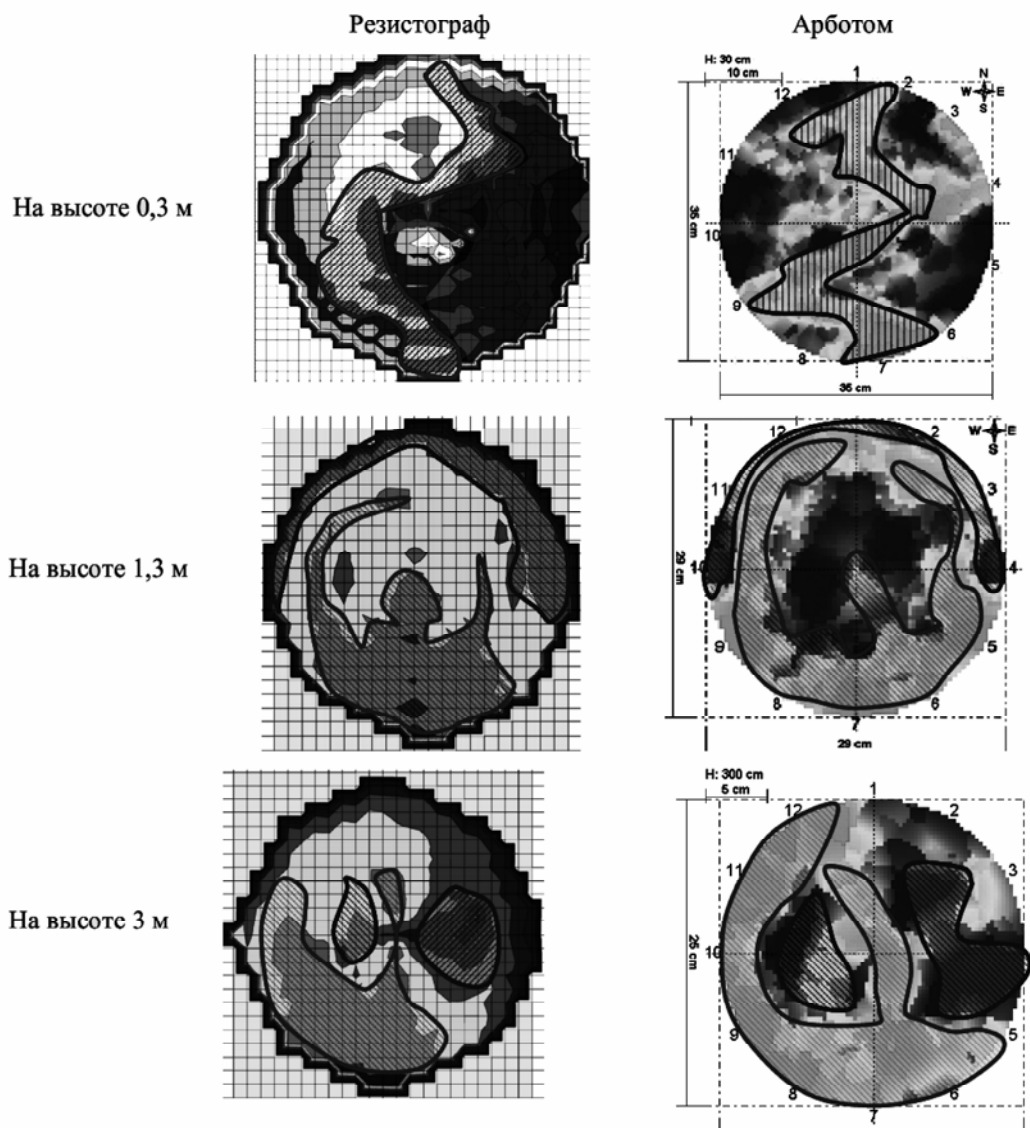


Рис. 6. Сравнение распределения плотности в поперечном сечении ствола

Из рисунка 6 видно, что графики имеют общие тенденции распределения плотности по сечению ствола. Для повышения точности представления графиков распределения плотности требуются дополнительные точки просверливания в промежуточных направлениях:

- с северо-запада на юго-восток;
- с северо-востока на юго-запад.

Заключение

По результатам экспериментальных исследований сделаны следующие выводы:

- скорость прохождения звука зависит от угла прохождения звукового импульса относительно поперечного сечения ствола, в связи с чем можно предположить устойчивую корреляционную связь скорости звукового импульса и модуля упругости древесины;

- импульсная томография может быть применена в оценке качества растущего древесного сырья, однако необходимы дальнейшие исследования по определению корреляционных показателей связи модуля упругости древесины хвойных пород и скоростью прохождения звукового импульса (с учетом угла прохождения импульсов относительно поперечного сечения ствола).

Современные способы оценки качества древесины методами звуковой томографии и сверления имеют неоспоримые преимущества по сравнению со многими другими, в том числе и с теми, которые достаточно широко распространены в производственной практике. Они позволяют визуально и количественно оценивать данные, полученные этими способами, и делать выводы о состоянии древесины.

В отношении определения механических свойств древесины и методик оценки качества древесины звуковым методом исследований в современной науке требуются дополнительные исследования и изыскания.

Разработанная методика составления карт распределения плотности в поперечных и продольных сечениях ствола дерева позволит внедрить метод ориентированного сверления в повсеместную практику при оценке как качественных показателей древесины в лесных массивах, так и элементов деревянных конструкций на эксплуатируемых объектах.

С помощью метода ориентированного сверления можно исследовать макроструктуру древесины и биосостояние ствола дерева, практически не нарушая его целостности, а также определять плотность и механические свойства древесины. Определение указанных характеристик лиственницы даурской представляется достаточно согласованным с научными принципами исследования древесины и описания ее свойств. Соотношения между параметрами макростроения древесины, ее плотности и прочности могут быть установлены на основе идентификации характеристик процесса внедрения сверла-индентора в древесину и величины ее сопротивления продвижению инструмента по образующемуся каналу. Поэтому разработка математической модели процесса сверления и создание специальных карт распределения плотности по сечению и высоте ствола дерева могут обеспечить достоверное и обоснованное прогнозирование технических показателей и качества самой древесины.

Библиографический список

1. Алексеев И.А. Лесное товароведение с основами древесиноведения: учеб. пособие / И.А. Алексеев, О.И. Полубояринов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – 457 с.
2. Бокщанин Ю.Р. Пути расширения переработки и потребления лиственницы / Ю.Р. Бокщанин. – Свердловск: Изд. Сверд. НТО бумлесдрев, 1962. – 98 с.
3. Исаева Л.Н. Физико-механические свойства древесины основных пород Сибири / Л.Н. Исаева. – Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В.Н. Сукачева СО АН СССР, 1975. – 310 с.
4. Вихров В.Е. Технические свойства древесины в связи с типами леса / В.Е. Вихров, А.К. Лобасенок. – Минск: Изд-во Министерства высшего, среднего специального и профессионального образования, 1963. – 72 с.
5. Жуков А.Б. Технические свойства древесины сосны из лесов Украины / А.Б. Жуков. – Харьков, 1931. – 80 с.
6. Львов П.Н. О качестве древесины ели и лиственницы Крайнего Северо-Востока Коми АССР / П.Н. Львов, Р.Н. Климов // ИВУЗ. Лесной журнал. – 1971. – № 4. – С. 124–125.
7. Полубояринов О.И. Плотность древесины / Ю.И. Полубояринов. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 160 с.
8. Вихров В.Е. Строение и физико-механические свойства ранней и поздней древесины сибирской лиственницы / В.Е. Вихров // Тр. ин-та леса АН СССР. – 1949. – Т. 4. – С. 174–194.
9. Санаев В.Г. Физико-механические свойства элементов макроструктуры древесины / В.Г. Санаев // Строение, свойства и качество древесины. – М., 1990. – С. 171–176.
10. Вихров В.Е. Изменение крепости древесины в зависимости от процента поздней части годичного слоя и влажности / В.Е. Вихров // Тр. Арханг. лесотехн. ин-та. – Арханг., 1949. – Т. 13. – С. 175–178.

11. Вольтинский В.Н. Плотность и модуль упругости как критерии прочности чистой древесины / В.Н. Вольтинский // ИВУЗ. Лесной журнал. – 1983. – № 4. – С. 76–80.
12. Распределение плотности по высоте и сечению ствола древесины лиственницы даурской / М.Ф. Лавров, Ю.Б. Левинский, Д.К. Чахов, И.А. Докторов, С.А. Семенова // Промышленное и гражданское строительство. – 2013. – № 8. – С. 41–42.
13. Лавров М.Ф. Определение качественных показателей древесины методом сверления / М.Ф. Лавров, Д.К. Чахов, И.А. Докторов // Вестник Московского государственного университета леса. – Лесной вестник. – 2014. – № 5. – С. 196–201.
14. Лавров М.Ф. Определение акустических показателей древесины лиственницы / М.Ф. Лавров, С.А. Семенова // ЭРЭЛ-2012: мат-лы Всерос. конф. науч. молодежи. – Т. 1. – Якутск, 2012. – С. 92–95.
15. Левинский Ю.Б. Новый методологический подход к исследованию распределения плотности по сечению и высоте ствола в древесине (на примере древесины лиственницы даурской, произрастающей в Якутии) / Ю.Б. Левинский, М.Ф. Лавров, С.А. Семенова // VIII Междунар. евразийск. симпозиум «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI в.». – URL: http://symposium.forest.ru/article/2013/2_tehnology/pdf/Levinskyi2.pdf (Дата обращения: 19.02.2015).

УДК 674.8

С.С. Тютиков

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), tyutikov@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛАСТИКОВ ИЗ ТОРФА БЕЗ ДОБАВЛЕНИЯ СВЯЗУЮЩИХ

RESEARCH MANUFACTORY PLAST FROM PEAT WITHOUT ADDITION GLUE

Полученные результаты заставляют пересматривать общепринятые представления о торфе. Торф может использоваться как сырье для изготовления пластиков без добавления связующих.

The obtained results forces to revise the generally accepted performances about technical value of peat. Peat is can used as raw for manufacturing of plastics without additional glue.

Россия располагает огромными запасами торфа – около 200 миллиардов тонн в расчете на готовую продукцию. Торф образуется в результате биохимического процесса разложения болотных растений при повышенной влажности и недостатке кислорода. Встречается в виде залежей (торфяников), представляющих напластование одного или нескольких видов торфа. В образовании торфа участвуют мхи, кустарники, травянистые и древесные растения.

Торф классифицируют на типы (верховой, переходный и низинный), подтипы (лесной, лесотопяной и топяной) и группы (древесная, древесно-травянистая, древесно-моховая, травяная, травяно-моховая, моховая). Лесной подтип содержит древесных остатков более 40 %, лесотопяной – 15–35 %, а топяной – менее 15 %. Средние показатели:

- зольности (верховой торф – 2,4 %, переходный – 4,7 %, низинный – 7,6 %);
- кислотности (верховой – 3,3 %, переходный – 4,1 %, низинный – 5,1 %).

По химическому составу торф, как и древесина (здоровая и частично пораженная гнилями), состоит в основном из углеводной части, того или иного количества лигнина и веществ, экстрагируемых спиртобензолом и горячей водой и т.д. Отметим, что

эти вещества играют существенную роль в процессах образования пластиков из древесных частиц без добавления связующий*.

Торф перерабатывают в основном на топливные брикеты, горшочки, теплоизоляционные плиты, удобрения и т.д. Однако в ряде районов страны торф не находит рационального практического применения. Изыскание и разработка новых перспективных направлений переработки торфа представляет большой научный и промышленный интерес.

Учитывая изложенное выше о торфе, в частности его химический состав, и принимая во внимание результаты наших исследований, свидетельствующие о возможности биологического «облагораживания» древесного сырья с целью улучшения качества получаемых из него пластиков, мы предположили, что из торфа также можно получать подобные материалы без добавления связующей.

Особый интерес, по нашему мнению, представляет то обстоятельство, что кислотность торфа (особенно верхового) больше кислотности древесины. Это, как мы предполагаем, должно способствовать уменьшению требуемой влажности исходного прессматериала, а следовательно, удешевлению или исключению из технологического процесса дорогостоящей операции сушки запрессованных плит.

Для проверки этого предположения на торфянике недалеко от г. Екатеринбург были взяты пробы торфа верхового и переходного. Их просеивали через сито с ячейкам 5×5 мм для отделения древесных включений и высушивали до требуемой влажности.

Запрессовки проводили при температуре 170 °С, продолжительность горячего прессования составляла 1 минуту на 1 мм толщины готового пластика с последующим охлаждением без снятия, давление – до 40 °С. Пластики испытывали после 30-дневного их выдерживания в отапливаемом помещении для доведения их влажности до равновесной комнатным условиям.

На первом этапе в опытах с использованием верхового торфа давление прессования было 3,0 МПа, влажность прессматериала была переменным фактором. Результаты испытаний приведены в таблице.

Физико-механические свойства пластиков из торфа
(давление прессования – 3,0 МПа)

Влажность исходного прессматериала, %	Физико-механические показатели					
	Плотность, кг/м ³	Придел прочности при статическом изгибе, МПа	Водопоглощение за 24 часа, %	Разбухание за 24 часа, %	Влажность плит в момент испытания, %	Общее влагосодержание за 24 часа, %
Пластики из верхового торфа моховой группы						
7	1120	15,2	12,1	11,7	7,4	16,9
9	1200	19,7	10,3	9,4	8,6	16,5
11	1230	18,1	9,2	8,7	8,5	15,6
13	1210	16,3	8,7	7,3	8,1	14,9
15	1190	15,4	7,3	6,4	7,2	13,1
Пластики из верхового торфа моховой группы						
9*	1300	23,6	7,0	8,5	7,1	12,7
Пластики из массы, содержащей переходный торф травяно-моховой группы 60 % и сосновые древесные частицы (40 %)						
9*	1200	17,6	15,9	16,4	8,1	14,4

* Давление прессования – 8,5 МПа.

* Плитные материалы и изделия из древесины и одревесневших растительных остатков без добавления связующих / А.С. Аккерман, В.Н. Антакова, В.Е. Бабайлов [и др.]. М.: Лесн. пром-сть, 1976. 360 с.

Как видно из таблицы, из верхового торфа моховой группы пластики получились с хорошими техническими свойствами при давлении прессования 3,0 МПа. Их можно изготавливать даже при влажности исходного прессматериала 9 %. Запрессованные пластики будут иметь влажность не более 9 %, и подвергать их дорогостоящей операции сушки нет необходимости.

Из переходного торфа при давлении прессования 3,0 МПа пластики также получились, но они были хрупкими, с неудовлетворительной прочностью. Для улучшения качества пластиков мы пошли по пути введения в состав сырья, содержащего упомянутый торф, измельченную древесину (гнилую или здоровую) и увеличения давления прессования. Результаты были положительными (см. таблицу, описания изобретений № 2073044 «Масса для изготовления материалов типа лигноуглеводных пластиков и пьезотермопластиков» и № 2111852 «Применение торфа в качестве сырья для изготовления материалов типа лигноуглеводных пластиков и пьезотермопластиков»).

Результаты опытов с использованием в качестве сырья верхового и переходного торфа свидетельствуют о том, что установлено новое нетрадиционное направление применению торфа: если подвергнуть торф переработке по технологии, подобной получению ЛУДП или пьезотермопластиков, то его можно превратить в материал с хорошими техническими показателями.

Кроме того, при использовании предлагаемого решения имеет место новый положительный эффект. Если изготавливать пластики по методу ЛУДП, то требуемую влажность прессматериала можно понизить до 9 % (вместо традиционных 13–24 % при их изготовлении из частиц древесины и одревесневших растений) и подвергать их дорогостоящей операции сушки нет необходимости.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости дальнейших разносторонних исследований по этой проблеме.

УДК 674.8:662.818.6

С.С. Тютиков, А.В. Коренюк
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ ПЕЛЛЕТ

TECHNOLOGICAL PROCESS OF PRODUCTION FUEL PELLETS

В статье анализируются технологические процессы производства топливных пеллет, приводятся результаты собственных исследований и новые разработки.

This article analyzes the technological processes of production of fuel pellets, the results of their own research and new developments.

По оценке специалистов Института горючих ископаемых, в России при годовой потребности жилищно-коммунального сектора в окускованном топливе в объеме 40–50 млн т одновременно существует его дефицит примерно в 10 млн т. Устранить этот дефицит без существенного увеличения добычи твердых горючих ископаемых можно только путем производства биотоплива. Наиболее перспективным биотопливом – «топливом будущего» – в настоящее время в Европе, США, Японии считают древесные гранулы или пеллеты.

Преимущества этого биотоплива (по сравнению с традиционными):

- их теплотворная способность составляет 4,3–4,5 кВт/кг, что в 1,5 раза больше чем у древесины, т.е. она сопоставима с углем;
- минимальные выбросы в атмосферу диоксида серы (основной причины кислотных дождей);
- зола составляет до 1 % от массы топлива, может использоваться как удобрение;
- системы сжигания пеллет легко установить на топливные котлы взамен горелок для жидкого топлива с сохранением высокого уровня автоматизации.

Последнее является существенным преимуществом пеллет по сравнению с топливными древесными брикетами.

Требования к качеству древесных гранул как топлива предъявляют прежде всего производители печей и котлов. Обуславливается это тем, что печи и котлы с автоматической загрузкой древесных гранул являются ультрасовременными отопительными агрегатами. Если требования к сырью не выполняются, то производитель котельного оборудования может снять гарантию со своей продукции, так как производительность котлов будет резко падать, а расход горючего повышаться.

Авторы этой работы проводят анализ производства пеллет в России и странах Европы. У пеллет высокого качества можно отметить перечисленные ниже визуальные признаки.

Поверхность. Поверхность гранул должна быть гладкой, блестящей, без трещин и вздутий. Это свидетельствует об их прочности и малом истирании.

Диаметр. Распространенный диаметр – 6 и 8 мм, намного реже – 4 или 10 мм. Диаметр играет важную роль при настройке печи или котла для повышения эффективности процесса отопления.

Запах. Легкий сладковатый запах клея – признак хорошего качества, достигаемого текучестью и высокими температурами при гранулировании.

Цвет. Предпочитают гранулы светлых цветов, при этом темные не являются признаком плохого качества. Серый цвет указывает на долгое лежание сырья, наличие грибков, на хранение в ненадлежащих условиях, а следовательно, на потерю энергии.

Пыль. Это признак быстрого истирания пеллет и их плохого качества. При хранении в закрытых мешках количество пыли меньше. Содержание пыли в партиях пеллет, изготовленных в России, – 0,2–0,3 %. В Швейцарском стандарте пыль не допускается, в австрийском стандарте ее должно быть меньше – 2,3 %.

Анализируя в целом качество пеллет, можем отметить следующее:

1. В цехах по производству пеллет в России сырье измельчается до размера частиц 5–5 мм и мельче. Необходимо повысить степень измельчения сырья до размера в основном 0,5 мм и мельче.

2. Точность сушки в барабанных сушилках не соответствует технологии изготовления пеллет. Сырье обычно пересушивают до влажности 5–7 %, а затем увлажняют до требуемой влажности 9–10 %. На наш взгляд, это нерационально: пересушивать, а затем увлажнять. Кроме того, барабанные сушилки занимают много места. Мы предлагаем использовать сушилки с «кипящим слоем» (разработка кафедры ДиСОД УГЛТУ). Эти сушилки имеют высокую производительность, позволяют сушить сырье с точностью 1 % и занимают значительно меньшую площадь.

3. По нашему мнению, масса пресс-материала, применяемого в настоящее время при изготовлении пеллет – 9–10 %, не всегда рациональна. Необходимо уточнить ее применительно к конкретному сырью проведением соответствующей НИР, как это делается при изготовлении пластиков без добавления связующих (разработка кафедры ДиСОД УГЛТУ).

УДК 647.8

С.С. Тютиков, С.Р. Нуриев, И.О. Бабаков, А.Д. Мышкина, А.М. Беленов, Е.В. Фефелова
(УГЛТУ, Екатеринбург, РФ), tyutikov@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
НЕКОТОРЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОЛОВ**

**INVESTIGATION OF PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES
OF SOME MATERIALS FOR FLOORS**

Изучены физико-механические свойства пластиков, изготовленных из древесных частиц без связующих, ламинатов и щитов для пола.

Physico-mechanical properties of the plastiks made of wood sawdust, laminats and floor boards are studied.

В УГЛТУ, на кафедре ИТОД, проводятся исследования с целью совершенствования технологии изготовления пластиков из отходов переработки древесины и лесозаготовок без добавления связующих. Предполагается, что одним из направлений эффективного применения этих материалов может быть использование их для полов.

В настоящее время для настилки полов в жилых и общественных зданиях широко применяют ламинированный паркет (ламинат). Его изготавливают на основе твердых древесноволокнистых плит, на которые наклеивают слои бумаги с рисунком, затем слои меламиновой или акриловой смолы, надежно защищающие доски от истирания.

Нам было интересно определить и сопоставить ряд физико-механических свойств некоторых партий ламината, паркетных досок, склеенных из древесины березы массива и пластиков, полученных по методу УГЛТУ из измельченных отходов. Последние изготавливались в условиях опытно-промышленного производства в г. Соликамск. Технологический процесс находился в процессе отладки, часто нарушался, поэтому образцы пластиков до испытаний были отобраны представителем УГЛТУ в присутствии работников цеха.

Испытания физико-механических свойств плит проводились в основном в соответствии с ГОСТом 10632, ГОСТом 10637-63 «Плиты древесностружечные». Для оценки качества плит определялись показатели, наиболее полно характеризующие их физико-механические свойства, а именно: абсолютную влажность, плотность, предел прочности при статическом изгибе, водопоглощение, разбухание и общее влагосодержание.

Отклонения были допустимы в сторону ужесточения условий испытаний и только в отношении размеров испытуемых образцов при изучении их водостойкости и плотности. Размеры образцов при определении влажности, водопоглощения, разбухания и плотности были приняты 50×50 мм вместо 100×100 по ГОСТу. Следует отметить, что это отклонение является общепринятым для свойств пластиков из древесных частиц без добавления связующих по методу УГЛТУ.

Предел прочности при статическом изгибе у испытываемых образцов определялся на машине типа ДИ-0,5 (с максимальным усилием до 0,5 т), предназначенной для испытаний ДСтП. Условия испытаний проводились согласно соответствующим рекомендациям. Скорость перемещения активного захвата при испытании – 10 мин/мм. Расстояние между центрами опор – 100 мм. Истирания проводились на образцах длиной не менее 150 мм и шириной 50 мм.

Предел прочности при статическом изгибе вычислялся по формуле:

$$\sigma = \frac{3\rho_{\max}l}{2bh},$$

где ρ_{\max} – предельная разрушающая нагрузка, кг;

l – расстояние между центром опор, см;

b – ширина образца, см;

h – высота образца, равная толщине плиты, см.

Измерение линейных размеров испытуемых образцов проводилось на оптическом вертикальном длинномере марки ИЗВ-21 с точность до 0,01. Взвешивание образцов производилось на технических весах с точностью 0,01 г. Для определения абсолютной влажности готовых плит использовался сушильный шкаф Ш-0,35 завода «Электродел».

Физико-механические свойства материалов для полов

№	Материал	Свойства материалов				
		Плотность, кг/м ³	Предел прочности при статическом изгибе, МПа	Разбухание за 24 часа, %	Водопоглощение, за 24 часа	Влажность в момент испытания, %
1	Плита без добавления связующих	1270	48,0	5,8	8,6	5,4
2	Паркет из березы	630	109,5	18,5	51,7	8,6
3	Ламинат	930	62,8	7,4	9,1	5,5
4	Ламинат	920	27,7	7,4	9,0	4,8
5	Ламинат	910	38,4	8,1	7,2	4,9
6	Ламинат	910	30,1	8,1	7,2	4,9
7	Ламинат	930	20,9	9,8	7,9	5,5

Анализируя данные, представленные в таблице, можно сказать, что по прочности пластики без добавления связующих, изготовленных по технологии УГЛТУ, находятся примерно на уровне ламинатов 2–3 классов. Показатели водостойкости у пластиков находятся примерно на одном уровне с ламинатом.

Показатели истирания нами не определялись. Следует отметить, что после укладки пластиков, изготовленных без добавления связующих, и паркетных досок (или щитов), склеенных из массивной древесины, полы покрывают соответствующими лаками, которые работают на истирание. При необходимости эти полы можно восстановить, нанеся на пол новые слои лака.

По санитарным свойствам паркетные покрытия из натуральной древесины лучше, т.к. при изготовлении ламинатов в значительных количествах применяются смолы.

УДК 674.094.2

И.Г. Федосенко, А.В. Гривицкая
(БГТУ, г. Минск, РБ), Ivan.fedosenko@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ПРОПАРИВАНИЯ ЖЕСТКИМИ РЕЖИМАМИ НА СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ ТВЕРДЫХ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД

INFLUENCE STEAMING HARD MODE ON PROPERTIES OF SOLID HARDWOOD

В статье изложены результаты исследований, проведенные в лаборатории гидротермической обработки на кафедре технологии деревообрабатывающих производств Учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет». С учетом того, что гидротермическая обработка относится к группе технологических операций, требующих особого внимания к деталям, данные исследования были проведены с применением прецизионного оборудования и измерительных инструментов.

Предметом работы стало исследование древесины, подвергаемой пропариванию с целью придания ей эластичных свойств перед гнутьем. Влияние режимов пропаривания было оценено на древесине дуба и ольхи при воздействии температур 110, 120 и 130 °С в течение 60, 90 и 120 минут. В качестве контролируемых показателей использовали: прочность и упругость при изгибе, прочность при скалывании вдоль волокон, статическую твердость и влагопоглощение.

В результате анализа результатов было установлено, что оптимальным режимом для анализируемых пород будет пропаривание в течение 70 минут при температуре 120 °С. При этом режиме достигается улучшение вышеперечисленных показателей и обеспечиваются наилучшие условия для гнутья древесины.

The article presents the results of research conducted in the laboratory hydrothermal treatment at the Department of woodworking technology educational institution Belarusian State Technological University. Given that the hydrothermal treatment refers to a group of technological operations, requiring special attention to detail, these studies were conducted using the equipment and precision measuring instruments.

The subject of the work was the study of wood subjected to steaming at the purpose-Denmark s elastic properties to sag. Effect of steaming was evaluated on oak and alder wood when exposed to temperatures of 110, 120 and 130 °C for 60, 90 and 120 minutes. As controlled indices used: strength or flexural strength by cleaving along the fiber, the static water absorption and hardness.

The analysis results, it was found that the optimal mode for the analyzed species is steaming for 70 minutes at 120 °C. When this mode is achieved by improving the above-mentioned indicators and provides the best conditions for bending wood.

Пропаривание древесины является одной из разновидностей гидротермической обработки, которая позволяет сократить технологический процесс, однако требует использования сложного оборудования.

Тепловую обработку пропариванием применяют в производстве:

- изделий из древесины при обработке заготовок перед гнутьем или прессованием;
- спичек для оттаивания чураков перед лущением шпона;
- строганого шпона для нагревания ванчесов перед строганием.

Гнутье массивной древесины позволяет сократить потребление сырья и увеличить объемный выход продукции на мебельных предприятиях. Гидротермическая подготовка перед гнутьем необходима для того, чтобы повысить пластичность древесины. Пластичность древесины при эксплуатационной влажности и комнатной температуре

незначительна. В таком состоянии древесина требует для изгиба больших усилий и не допускает больших деформаций. Одновременное увлажнение и нагрев древесины позволяют придать ей пластичность, однако при нагревании свыше 80 °С механические свойства этого материала ухудшаются. Пропаривание подразумевает использование температур, характерных для кипящей воды, т.е. около 98 °С при атмосферном давлении, и выше – при избыточном давлении. Поэтому прочность древесины снижается, и определение рациональных режимов пропаривания является важной прикладной задачей.

Увеличение пластичности при пропаривании обусловлено тем, что часть веществ, входящих в состав клеток древесины, при нагревании переходит в состояние коллоидного раствора, в результате чего снижается жесткость клеток, а следовательно, и всей массы древесины. Если влажную древесину высушить в деформированном состоянии, то находившиеся в растворенном состоянии коллоидные вещества затвердеют и сохранят приданную заготовке форму.

В качестве видов материала для испытаний был выбран массив двух пород: дуб и ольха, – т.к. именно они наиболее востребованы покупателями мебели в Республике Беларусь.

При гнутье древесина испытывает сложный вид нагружения, стойкость к которому может характеризовать качество гидротермической обработки. Кроме излома, в результате достижения предельно допустимых изгибающих нагрузок, благодаря неоднородности древесины по годичным слоям, существует риск ее расслоения или скалывания. Это вызвано тем, что контролируемый изгиб происходит или в пресс-матрице, или в специальной оправке, т.е. при контакте с более твердым материалом. Существенное значение на качество изогнутых заготовок оказывает твердость древесины. После придания формы гнутым заготовкам существует вероятность принятия ими первоначальной формы под воздействием адсорбированной влаги воздуха или от кратковременного увлажнения случайно пролитой жидкостью. Поэтому в качестве основных анализируемых показателей были выбраны: прочность и упругость при изгибе, прочность при скалывании вдоль волокон, статическая твердость и влагопоглощение.

Выбор способов испытания определил и размеры образцов: 20×20×300 (по ГОСТу 16483.3 и ГОСТу 16483.9), 20×30×50 (по ГОСТу 16483.5), 50×50×50 (по ГОСТу 16483.17) и 20×20×10 (по ГОСТу 16483.19) мм соответственно.

Как уже было отмечено выше, пропаривание – достаточно дорогостоящий технологический процесс, поэтому для снижения себестоимости конечной продукции целесообразно сокращать цикл такой обработки. Интенсифицировать процесс этой гидротермической обработки можно с помощью предварительного увлажнения древесины до влажности, близкой к пределу гигроскопичности, т.е. 30 % для комнатной температуры. Это позволит ускорить процесс нагревания клеточных стенок древесины, не препятствуя прохождению пара в полости ее клеток.

Достижение заданной влажности в лабораторных условиях осуществляли выдержкой образцов не менее 30 суток в климатической камере при температуре 20 °С и относительной влажности воздуха 95 %.

Выбор режимов пропаривания осуществляли исходя из теплопроводности древесины анализируемых пород и размеров образцов. Так было выбрано 9 режимов пропаривания с различными сочетаниями значений температур (110, 120 и 130 °С) и времени пропаривания (60, 90 и 120 минут). Для контроля изменения свойств пропаренной древесины использовали образцы, не подвергавшиеся пропариванию, но прошедшие увлажнение.

Пропаривание проводили в лабораторном автоклаве ЛАС-3030Е, в котором обеспечена возможность автоматического регулирования параметров давления и температуры и поддержания их на установленном оператором уровне.

После проведения пропаривания образцы немедленно извлекались и помещались в термо-влагоизолирующую упаковку, в которой находились до момента установки

в испытательную машину. В качестве испытательной использована машина марки Р-5. Образцы устанавливали в соответствующие приспособления, нагружали согласно стандартам в течение заданного времени и по стрелке силоизмерителя считывали нагрузку. Далее с учетом размеров образцов рассчитывали предел прочности и модуль упругости древесины.

Несмотря на установленную до пропаривания влажность, этот показатель снова оценивался для каждого образца в отдельности по ГОСТу 16483.7.

Для того чтобы сопоставить результаты исследований, искомые показатели механических свойств пересчитывались на влажность 12 %, при которой и сравнивались между собой.

Влагопоглощение было оценено после пропаривания на образцах, предварительно высушенных до абсолютно сухого состояния. Образцы помещались в эксикатор с насыщенной влагой при комнатной температуре средней, где выдерживались в течение 30 суток, при этом фиксировалось изменение массы в течение этого времени.

Для удобства анализа показатели механических свойств пропаренной древесины приводили к соответствующим показателям контрольной древесины, которые для последней принимались за 100 %.

Результаты испытаний таковы:

1) при увеличении температуры пропаривания в течение 65 минут до 130 °С прочность при статическом изгибе увеличивается на 42 % для дуба и на 56 % для ольхи. При этом для дуба аналогичное изменение проявляется уже при 120 °С. При пропаривании древесины дольше 65 минут при 130 °С (для ольхи) и 120 °С (для дуба), происходит стремительное снижение прочности (рис. 1);

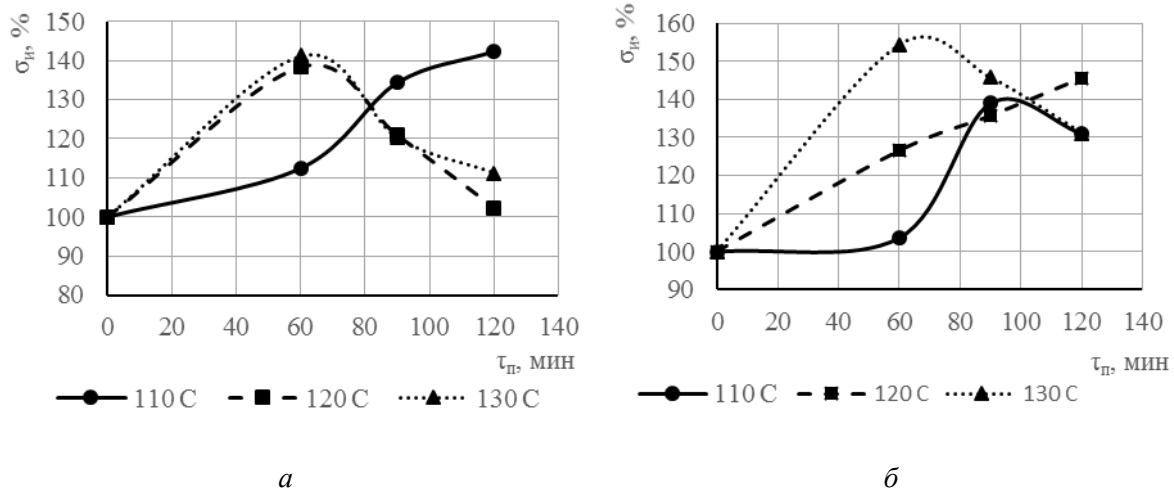


Рис. 1. Зависимость прочности древесины дуба (а) и ольхи (б) при статическом изгибе от времени и температуры пропаривания

2) при увеличении температуры пропаривания в течение 70 минут до 120 °С упругость при статическом изгибе снижается на 15 % (для дуба) и на 24 % (для ольхи). При этом для дуба упругость продолжает снижаться на протяжении более 120 минут на более чем 22 %. При пропаривании древесины дольше 120 минут при 130 °С возможно еще большее снижение упругости материала (рис. 2);

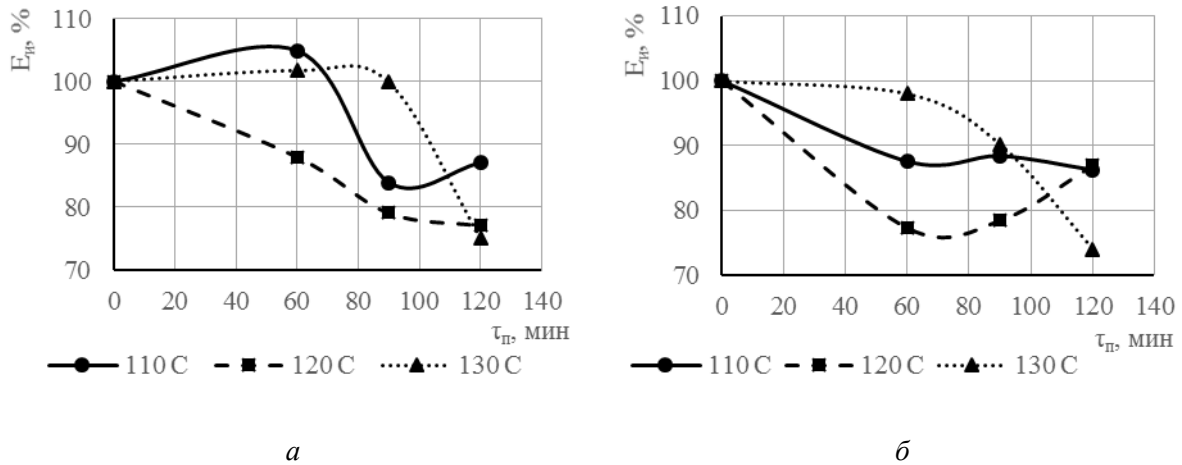


Рис. 2. Зависимость упругости древесины дуба (а) и ольхи (б) при статическом изгибе от времени и температуры пропаривания

3) при увеличении температуры пропаривания до 130 °C прочность при скалывании вдоль волокон снижается, и при пропаривании в течение 120 минут она падает на 56 % для дуба и на 50 % для ольхи. Прочность при скалывании вдоль волокон постоянно снижается с увеличением температуры (до 110 °C) и времени пропаривания (дольше 60 минут). Однако при увеличении температуры до 120 °C за 60 минут прочность при скалывании вдоль волокон увеличивается на 3 % для дуба и на 11 % для ольхи, а затем снижается, как и при других температурах (рис. 3);

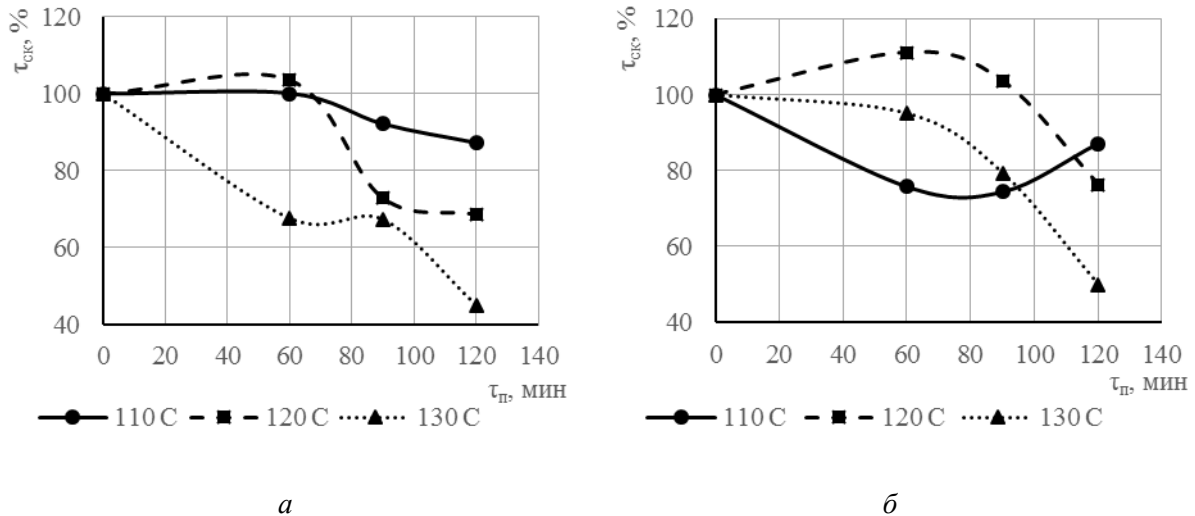


Рис. 3. Зависимость прочности древесины дуба (а) и ольхи (б) при скалывании вдоль волокон от времени и температуры пропаривания

4) при увеличении температуры пропаривания до 130 °C твердость поперек волокон снижается, и при пропаривании в течение 120 минут она падает на 24 % для дуба и на 25 % для ольхи. Твердость поперек волокон снижается с увеличением температуры (до 110 °C) и времени пропаривания (дольше 85 минут). При увеличении температуры дуба до 120 °C свыше 70 минут твердость поперек волокон увеличивается и к 120 минутам возрастает на 13 %. При пропаривании в течение 90 мин с температурой до 120 °C у ольхи наблюдается некоторое увеличение твердости в поперечном волокнам направлении, оно составляет 10 % (рис. 4);

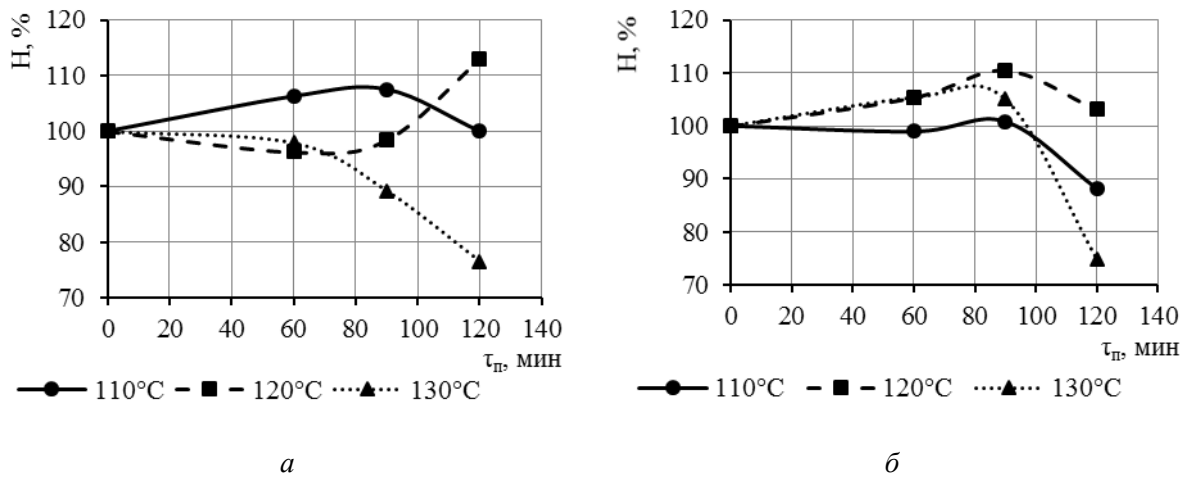


Рис. 4. Зависимость твердости поперек волокон древесины дуба (а) и ольхи (б) от времени и температуры пропаривания

5) при увеличении температуры пропаривания до 130 °С твердость вдоль волокон снижается, и при пропаривании в течение 120 минут она падает на 38 % для дуба и на 22 % для ольхи. При увеличении температуры дуба до 120 °С твердость вдоль волокон уменьшается на протяжении 70 мин незначительно – всего на 10 %, далее начинает расти и при 120 мин возрастает до 3 % от начального значения. При пропаривании в течение 90 мин с температурой до 120 °С у ольхи наблюдается некоторое увеличение твердости в продольном волокнах направлении, оно составляет 18 % (рис. 5);

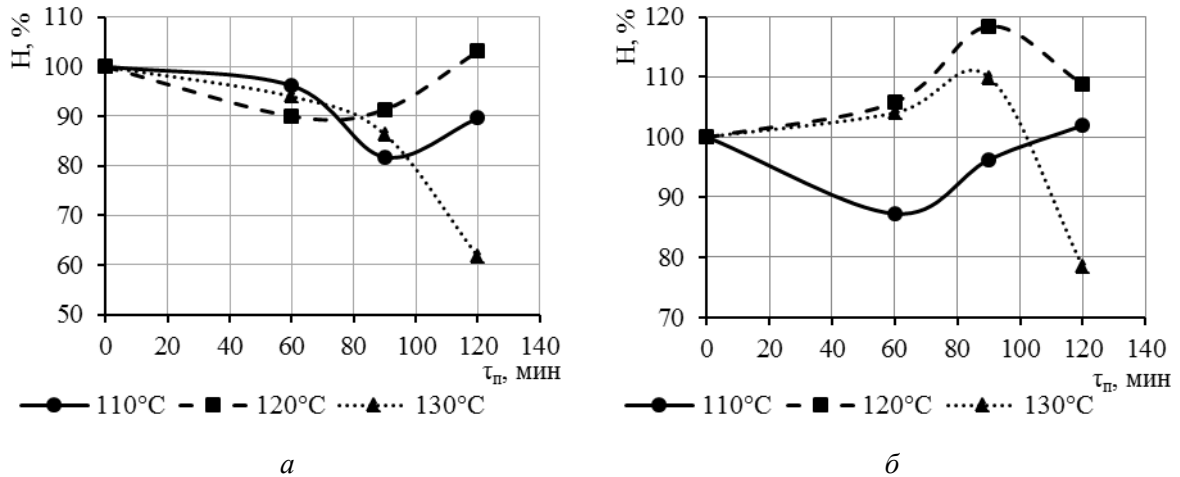


Рис. 5. Зависимость твердости вдоль волокон древесины дуба (а) и ольхи (б) от времени и температуры пропаривания

6) при увеличении температуры пропаривания до 110 °С, изменение влагопоглощения находится в пределах погрешности измерений. Снижение влагопоглощения при пропаривании с температурой 130 °С в течение 120 минут достигает 6 % для обеих пород. Для дуба при пропаривании с температурой 120 °С снижение влагопоглощения наблюдается только после 60 минут проведения процесса, и к 120 минутам достигает 6 % (рис. 6).

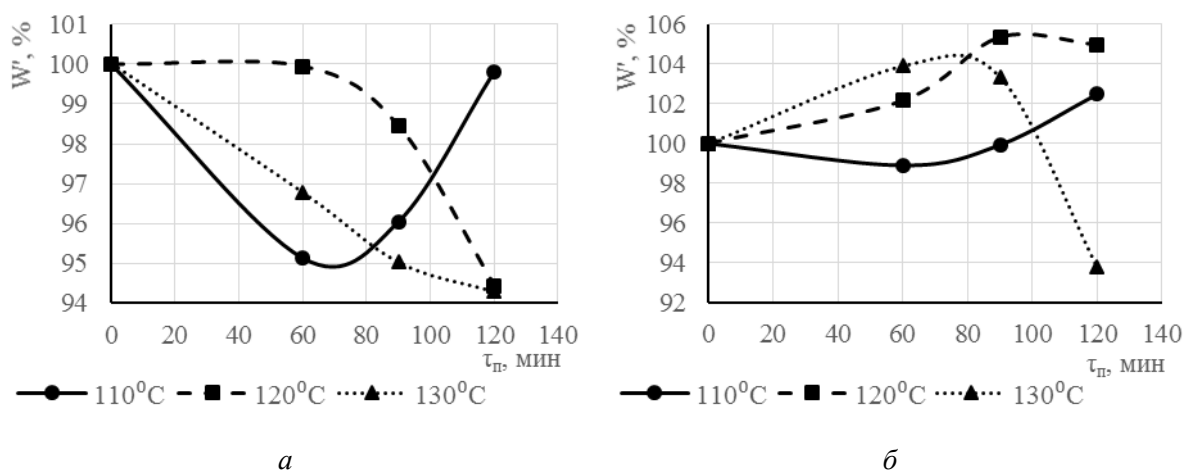


Рис. 6. Зависимость поглощения влаги древесиной дуба (а) и ольхи (б) от времени и температуры пропаривания

Таким образом, наиболее подходящим режимом для древесины дуба и ольхи будет пропаривание в течение 70 минут при температуре 120 °С. При этом изменение свойств будет характеризоваться таблицей.

Изменение свойств древесины при пропаривании по оптимальному режиму

Показатель, %	Дуб	Ольха
Упругость при изгибе (снижение)	15	24
Прочность при изгибе (увеличение)	38	31
Прочность при скалывании (увеличение)	-2*	10
Твердость поперек волокон (увеличение)	-3*	7
Твердость вдоль волокон (увеличение)	-11	8
Влагопоглощение (снижение)	0	-3*

Примечания:

- 1) в скобках указано положительное изменение свойства;
- 2) знак «минус» перед числом означает ухудшение контролируемого свойства;
- 3) знаком «*» отмечены значения, попавшие в пределы допустимой погрешности измерений.

Твердость вдоль волокон древесины дуба снижается при выбранном режиме, значит при проведении механической обработки такой древесины следует защищать торцы заготовок от случайного воздействия.

УДК 674.812

И.Г. Федосенко, К.П. Сушко

(БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь), Ivan.fedosenko@mail.ru

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ НЕПРЕРЫВНОГО ПРЕССОВАНИЯ ИЗ ТВЕРДЫХ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД

MECHANICAL PROPERTIES OF CONTINUOUS FUEL BRIQUETTES PRESSING OF SOLID HARDWOOD

В статье изложены результаты исследований, проведенных в Учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет».

Предметом работы стало исследование механических свойств топливных брикетов непрерывного способа прессования, измельченных отходов твердых лиственных

пород. Было оценено влияние содержания лигносульфонатов, используемых в качестве добавок, на свойства брикетов.

Были получены математические выражения, которые позволили определить максимально возможное содержание лигносульфонатов в брикете без снижения его качества. Установлено, что максимальное содержание лигносульфонатной добавки не должно превышать 2,64 %.

The article presents the results of research carried out at the Belarusian State Technological University.

The subject of the work was the study of the mechanical properties of a continuous process of fuel briquettes pressing shredded waste solid hardwood. It has been estimated influence of the content of lignosulfonate, used as additives, the properties of the briquettes.

We were obtained mathematical expressions that allow to determine the maximum possible content of lignosulfonate in briquette without reducing its quality. It is found that the content of lignosulfonate additive should not exceed 2,64 %.

Топливные брикеты сегодня становятся элитным видом топлива. Их применяют для отопления при сжигании в каминах из-за малой зольности и большой теплотворной способности. Эстетические свойства брикетов брусковой формы способствуют спросу на них. Брикеты такой формы являются продукцией непрерывного прессования на прессах C.F. Nielsen, Nestro, Pini-kay. Прессование измельченных отходов древесины в брикеты возможно благодаря размягчению под воздействием повышенных температур аморфной составляющей основного древесного вещества – лигнина. В ряде случаев размягченный лигнин не способен удерживать древесные частицы вместе в достаточной мере, т.е. полученные брикеты неудовлетворительно ведут себя при эксплуатации и разрушаются на крупные части либо без образования мелкой фракции. Оплавление поверхности брикетов придает им дополнительную поверхностную прочность, однако не создает прочную матрицу внутри материала. В этих случаях для придания прочности брикетам требуется использовать сторонние связующие. Производство топливных брикетов не подразумевает использование сторонних химических связующих. Введение сторонних лигнинов позволило бы решить обе поставленные выше задачи. Так, лигносульфонаты, которые используются в качестве топлива и обладают вяжущими, клеящими и поверхностно-активными свойствами, могут обеспечить упрочнение брикетов и оставить на прежнем уровне их экологичность. Лигносульфанаты технические являются конечным продуктом переработки сульфитного щелока в целлюлозно-бумажной промышленности, который представляет собой один из отходов сульфитного способа варки древесины для получения целлюлозы.

Было проведено исследование свойств брикетов непрерывного прессования из твердых лиственных пород в зависимости от использования добавки в виде лигносульфоната натрия ЛСТП (по СТО 43508418-027-2009 и ТУ 2455-031-46289715-2000).

На прессе C.F. Nielsen были изготовлены брикеты, содержащие 0,5, 1 и 1,5 % этой добавки и без добавления связующих. Эти брикеты имели форму цилиндра диаметром 86 ± 1 мм и первоначальную длину 320 ± 10 мм.

С учетом главных эксплуатационных свойств, брикеты были испытаны на: зольность, прочность при статическом изгибе, прочность при осевом сжатии и плотность. Свойства брикетов оценивали по СТБ 2055-2010 [1] и группе стандартов ГОСТа 16483 с некоторыми изменениями.

Так, прочность при статическом изгибе определяли согласно ГОСТу 16483.3-84 [2], однако расчет предела прочности выполняли по формуле:

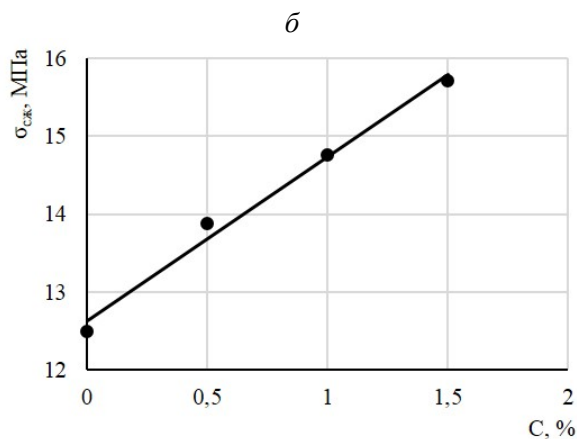
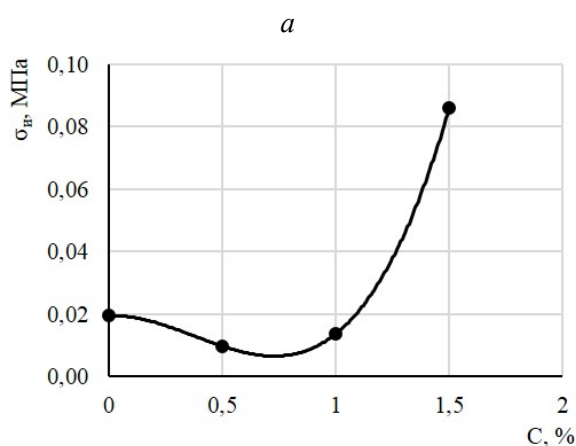
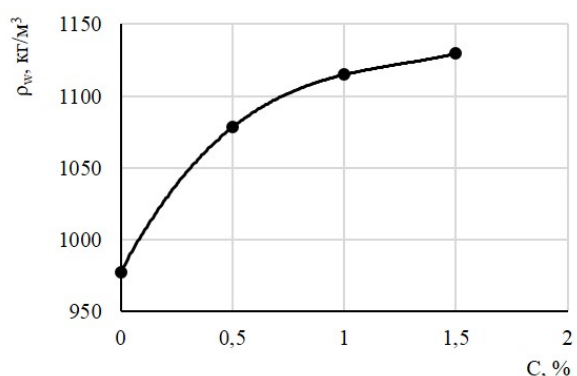
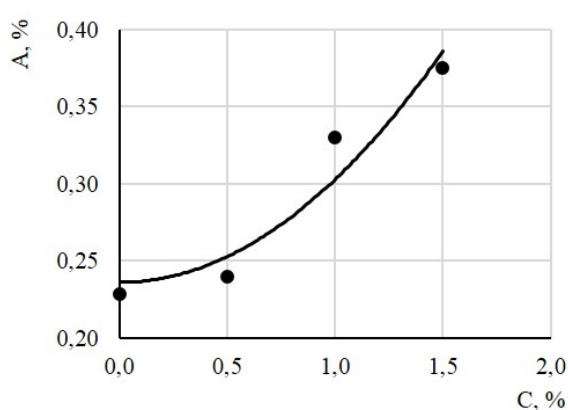
$$\sigma_w = \frac{8P_{\max}l}{\pi d^3}, \quad (1)$$

где P_{\max} – максимальная нагрузка, Н;
 l – расстояние между центрами опор, мм;
 d – диаметр образца, мм.

Прочность при осевом сжатии определяли согласно ГОСТу 16483.10-73 [3], однако расчет предела прочности выполняли по формуле:

$$\sigma_w = \frac{P_{\max}}{\pi \frac{d^2}{4}}. \quad (2)$$

Результаты исследований представлены на рисунке.



Зависимость зольности (а), плотности (б), прочности при статическом изгибе (в) и прочности при осевом сжатии (г) от содержания лигносульфонатов в брикете

Для определения зольности была получена модель, позволяющая с высокой вероятностью ($R^2 = 0,92$) прогнозировать этот показатель в зависимости от содержания добавки:

$$A = 0,0667C^2 + 0,2359, \quad (3)$$

где A – зольность брикета, %;
 C – содержание добавки, %.

Для определения плотности была получена модель, позволяющая с высокой вероятностью ($R^2 = 1$) прогнозировать этот показатель в зависимости от содержания добавки:

$$\rho_w = 56,12C^3 - 212,46C^2 + 293,94C + 977,22, \quad (4)$$

где ρ_w – парциальная плотность брикета, кг/м³.

Для определения прочности при изгибе была получена модель, позволяющая с высокой вероятностью ($R^2 = 1$) прогнозировать этот показатель в зависимости от содержания добавки:

$$\sigma_u = 0,0727C^3 - 0,0818C^2 + 0,0033C + 0,0194, \quad (5)$$

где σ_u – предел прочности брикета при статическом изгибе, МПа.

Для определения прочности при осевом сжатии была получена модель, позволяющая с высокой вероятностью ($R^2 = 0,99$) прогнозировать этот показатель в зависимости от содержания добавки:

$$\sigma_{сж} = 2,1159C + 12,626, \quad (6)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности брикета при осевом сжатии, МПа.

Очевидно, что при увеличении содержания добавки все 4 показателя увеличиваются, причем это увеличение отрицательно сказывается на качестве брикетов по показателям зольности и плотности. Однако полученная зольность всех испытанных брикетов значительно меньше нормы в СТБ 2055-2010 (0,7 % для наивысшего 1 сорта), а плотность укладывается в рамки нормированной (1000–1400 кг/м³). Увеличение же прочности при изгибе и сжатии, на наш взгляд, сможет способствовать улучшению эксплуатационных характеристик брикетов и, как следствие, сохранению целостности и внешнего их вида на момент доставки потребителю.

Таким образом, к первому сорту будут относиться брикеты с содержанием лигносульфонатной добавки до 2,64 %, причем плотность их составит 1305 кг/м³. Полученные брикеты будут обладать прочностью при статическом изгибе 0,796 МПа (что в 42 раза больше прочности брикета без добавок) и при осевом сжатии – 18,2 МПа (что в 1,5 раза больше прочности брикета без добавок). При увеличении содержания добавки брикеты будут ухудшенного качества, однако их свойства возможно рассчитать, используя формулы (3–6).

Библиографический список

1. СТБ 2055-2010. Брикеты древесные топливные. Общие технические условия. – Минск: Изд-во БелГИСС, 2010. – 24 с.
2. ГОСТ 16483.3-84. Древесина. Метод определения предела прочности при статическом изгибе. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 7 с.
3. ГОСТ 16483.10-73. Древесина. Метод определения предела прочности при сжатии вдоль волокон. – М.: Изд-во стандартов, 1973. – 7 с.

УДК 674.048.5

И.Г. Федосенко, В.В. Трутько, М.В. Шкробот
(БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь), Ivan.fedosenko@mail.ru

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ АНТИСЕПТИКОВ
В ДРЕВЕСИНЕ ПРИ ПРОПИТКЕ ПОД ИЗБЫТОЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ**

**DISTRIBUTION COPPER-CONTAINING WOOD PRESERVATIVES
AT IMPREGNATION PRESSURIZED**

Для проведения исследования выбран медьсодержащий водорастворимый состав – Tanalith E 3492.

Оценка распределения жидкости в массиве древесины осуществлялась по глубине проникновения защитного средства, площади окрашенного пятна и концентрации состава в материале.

Рассчитаны удельное время и удельная площадь сквозной пропитки древесины.

Определено удельное время пропитки образцов до порогового поглощения.

Получена формула для расчета времени пропитки образца древесины любых размеров методом инъектирования.

Установлено, что более качественная пропитка древесины методом инъектирования происходит при избыточном давлении 20 атм., при котором обеспечивается минимальное механическое воздействие на материал и максимальная плотность пропитки. При этом процесс пропитки занимает меньше времени, чем при более низких избыточных давлениях.

To perform the study selected a water-soluble copper-containing wood preservative – Tanalith E 3492. The rating distribution of the liquid in the wood was carried out on the penetration depth of wood preservative, square colored spots and concentration of the composition of the material.

Calculate the specific time and specific area through impregnation of wood.

Determine the specific time, impregnation of samples to the threshold of absorption.

The formula for calculating the time of impregnation of the sample wood of any size by injection is determined.

It was found that improved impregnation of wood by injection occurs at a pressure of 20 atm., which provides a minimum mechanical action on the material density and maximum impregnation. In this impregnation process takes less time than at lower overpressure.

Метод инъектирования в настоящее время активно используется в строительстве, для проведения ремонтных работ подвальных помещений и гидротехнических сооружений, а также для обработки заготовленной древесины на лесосеке [1]. В деревообрабатывающей промышленности метод инъектирования актуален для консервации исторических построек, где разборка и сборка объекта обработки влечет значительные экономические затраты, а иногда приводит к разрушению конструктивных элементов. Однако широкого применения данный способ для защиты древесины не получил ввиду своей малой изученности.

Целью настоящей работы является определение оптимального режима пропитки древесины методом инъектирования.

В настоящее время современный рынок защитных средств для древесины весьма разнообразен. Производители предлагают антисептировать древесину различными составами, отличающимися между собой технологическими и эксплуатационными свойствами. Необходимым условием при выборе защитного средства для проведения

исследования являлось его способность окрашивать древесину и доступность. Поэтому для пропитки древесины был выбран современный медьсодержащий (основным компонентом является карбонат меди) водорастворимый состав Tanalith E 3492, широко используемый не только в Европе, но и в Республике Беларусь. Древесина, обработанная данным составом, приобретает светло-зеленый цвет.

Для проведения исследования были отобраны образцы из древесины сосны размерами 40×60×120 и 40×60×240 без видимых пороков, по ГОСТу 2140-81 [2], в количестве 128 шт. Учитывая особенность породы древесины, образцы разделили на две группы: смолистые и несмолистые.

Для пропитки сосновых образцов применялась специальная установка V-TEST 50, представляющая собой насос для создания давления, который оборудован емкостью для нагнетаемой жидкости. Образцы пропитывали при давлении 10–30 атм. с градицией 5 атм. до тех пор, пока антисептик не стал проступать через любую плоскость образца. При этом фиксировали время проявления защитного средства на поверхности образца. После пропитки поверхность образцов осушалась фильтровальной бумагой. Далее их раскалывали вдоль и поперек волокон.

Оценка распределения жидкости в массиве древесины осуществлялась по глубине проникновения защитного средства, площади окрашенного пятна и концентрации состава в материале.

Глубину проникновения антисептика Tanalith E 3492 определяли на продольном и поперечном распилах образцов в месте контакта иглы. Проникновение жидкости происходило преимущественно в направлении вдоль волокон древесины и глубины проникновения составила ½ длины образца.

Измерение площади окрашенного пятна осуществлялось при помощи автоматизированных средств – графического пакета Adobe Photoshop и программы APFill.

Для сличения результатов эксперимента их приводили к базисной плотности древесины, т.е. использовали относительные (удельные) к плотности показатели. Базисную плотность определяли для каждого образца.

Удельное время пропитки в зависимости от базисной плотности рассчитывали по формуле (1):

$$\tau_{уд} = \frac{\tau}{\rho_б}, \quad (1)$$

где τ – время пропитки образца, с;

$\rho_б$ – базисная плотность образца, кг/м³.

Результаты определения удельного времени пропитки древесины представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты определения удельного времени сквозной пропитки древесины

Образцы, размер (мм)		Удельное время сквозной пропитки, с·м ³ /кг при избыточном давлении, атм.				
		10	15	20	25	30
Несмолистые	40×60×120	2,2	–	0,1	–	0,008
	40×60×240	4,9	3,9	0,9	0,02	–
Смолистые	40×60×120	3,4	–	0,3	–	0,015
	40×60×240	10,7	2,2	0,1	0,003	–

Анализ данных, приведенных в таблице 1, показывает, что сквозная пропитка несмолистых и смолистых образцов древесины размером 40×60×120 происходит быстрее при избыточном давлении 30 атм., а для несмолистых и смолистых образцов размером 40×60×240 – при избыточном давлении 25 атм. (не определялась). Отметим, что

удельное время сквозной пропитки, не было установлено для всех образцов при заданных давлениях.

Определение удельной площади пропитки образца осуществляли по формуле (2):

$$S_{уд} = \frac{S}{\rho_6}, \quad (2)$$

где S – площадь пятна, образовавшегося на срезе пропитанного образца.

Результаты определения удельного времени сквозной пропитки древесины представлены в таблице 2.

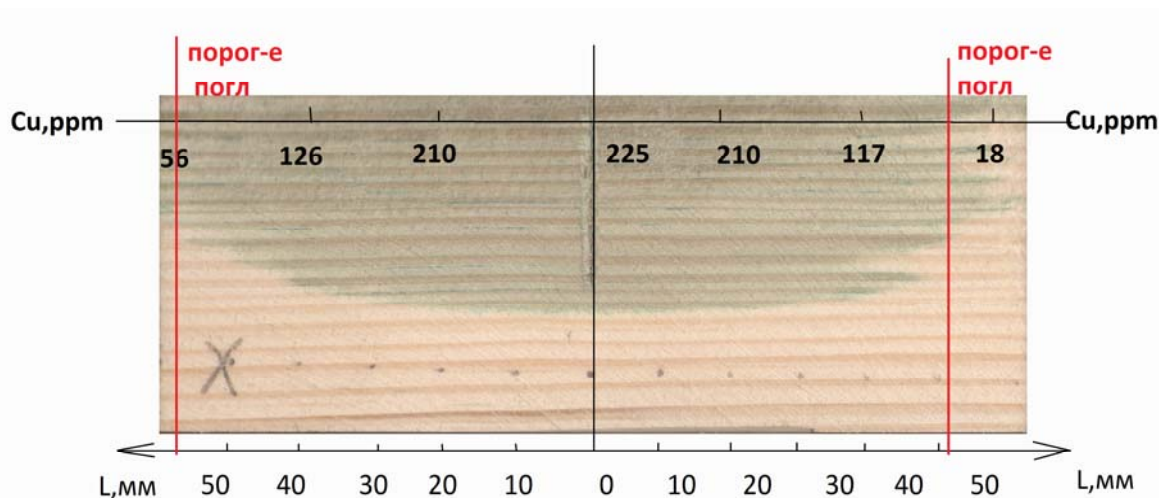
Таблица 2

Результаты определения удельной площади сквозной пропитки образцов

Образцы, размер (мм)		Удельная площадь пропитки образцов, мм ² ·м ³ /кг, при избыточном давлении, атм.				
		10	15	20	25	30
Несмолистые	40×60×120	2,3	–	2,9	–	–
	40×60×240	15,6	4,7	6,5	8,6	–
Смолистые	40×60×120	3,2	–	4,9	–	–
	40×60×240	4,5	4,7	5,3	1,5	–

Анализ данных, приведенных в таблице 2, показывает, что при пропитке несмолистых образцов древесины размером 40×60×120 максимальное значение удельной площади пропитки образцов достигается при избыточном давлении 20 атм., а для образцов размером 40×60×240 – при избыточном давлении 10 атм. Для смолистых образцов размером 40×60×120 и 40×60×240 максимальное значение удельной площади пропитки образцов наблюдается при избыточном давлении 20 атм. Отметим, что удельная площадь сквозной пропитки не была установлена для всех образцов при заданных давлениях.

Концентрацию защитного средства определяли при помощи анализатора XRF. Оценив содержание меди в составе Tanalith E 3492, определяли расстояние, на котором достигается пороговое поглощение защитного средства в образце (1,1 %) [3]. Измерения производили дискретно (через 2 см) в направлении от линии контакта иглы с древесиной к торцу образца. Принцип определения порогового поглощения антисептика по содержанию металла представлен на рисунке. По данному способу было вычислено пороговое поглощение защитного состава для всех образцов.



Определение порогового поглощения защитного средства по содержанию металла при пропитке под давлением 20 атм.

Из рисунка видно, что при пропитке образцов древесины при избыточном давлении 20 атм. пороговое поглощение защитного средства величиной 1,1 % было достигнуто на расстоянии 55 мм (при среднем значении) по обе стороны от линии контакта иглы с древесиной.

Удельное время пропитки образцов до порогового поглощения определяли по формуле (3) для избыточного давления 10, 15 и 20 атм.:

$$\tau_{уд.пор.погл} = \frac{\tau_{уд} l_{пор.погл}}{l} \quad (3)$$

где $\tau_{уд}$ – удельное время пропитки образца длиной $2l$, с·м³/кг;

$l_{пор.погл}$ – расстояние, на котором достигается пороговое поглощение защитного средства, м;

l – полудлина пропитываемого образца, м.

Результаты определения удельного времени пропитки образцов до порогового поглощения представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты определения удельного времени пропитки образцов до порогового поглощения

Параметр	Избыточное давление, атм.		
	10	15	20
Удельное время пропитки образцов до порогового поглощения, с·м ³ /кг	10,839	8,393	1,979

Таким образом, минимальное время пропитки образцов до порогового поглощения защитного средства затрачивается при избыточном давлении 20 атм.

Путем проведения математических расчетов была получена формула для расчета времени пропитки образца древесины любых размеров методом инъектирования:

$$\tau_{проп} = \frac{l}{0,764}, \quad (4)$$

где l – длина образца, мм.

Таким образом, в результате проведения эксперимента и анализа полученных данных более качественная пропитка древесины происходит при избыточном давлении 20 атм., при котором обеспечивается минимальное механическое воздействие на материал и в то же время максимальная плотность пропитки. При данном давлении древесина окрашивается защитным средством наиболее равномерно. При этом процесс пропитки занимает меньше времени, чем при более низких избыточных давлениях. Увеличение давления при инъектировании древесины выше установленного оптимального значения не оказывает влияния на плотность распределения состава по образцу и приводит к ускорению процесса пропитки. Однако негативной стороной повышенных значений избыточного давления является возможность разрушения макроэлементов древесины.

Библиографический список

1. Африн М.И. Эффективные препараты для защиты древесины / М.И. Африн // Лесная промышленность. – 1992. – № 1. – С. 23–24.
2. ГОСТ 2140-81. Видимые пороки древесины. Классификация, термины и определения, способы измерения. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 120 с.
3. Жук В.В. Определение ингибирующей способности антисептиков для пилопродукции / В.В. Жук, Н.В. Мазаник // 61-я Науч.-техн. конф. студентов и магистрантов: сборник научных работ: в 4 ч. – Минск: БГТУ, 2010. – С. 222–224.

УДК 674.093.2-413.84

В.В. Чамеев, Г.Л. Васильев, Ю.В. Ефимов, В.В. Терентьев
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), Lesoingener@yandex.ru

**АЛГОРИТМЫ И МАШИННЫЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛЕСООБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕХОВ:
ОБОБЩЕННАЯ СХЕМА КОМПОНЕНТ-ПРОГРАММЫ «ПОТОК»**

**ALGORITHMS AND COMPUTER PROGRAMS FOR RESEARCH
TECHNOLOGICAL PROCESSES OF WOOD SHOP:
GENERALIZED SCHEME OF THE COMPONENT PROGRAM "ПОТОК"**

В прототип КП «ПОТОК» (ранее она нашла название «РОТОК») внесены все дополнения по математическим моделям, а также улучшен ввод входных данных. Сокращено количество моделируемых станков в технологическом потоке в соответствии с поставленными задачами, что позволяет сократить машинное время на имитацию работы лесобработывающего цеха, сократить число ошибок и сбоев компьютера в процессе работы.

In the prototype KP "ПОТОК" (earlier she found the name "ROSTOK") is entered all additions to the mathematical models, as well as improved input data. Reduced the number of simulated machines in the process stream in accordance with the tasks, reducing computer time to simulate both the wood-working shop, to reduce the number of errors and computer crashes in the process.

КП «ПОТОК» работает на выходной информации от КП «СЫРЬЕ» и КП «СТАНОК», составлена на базе идеологии Q- и A-схем [1] и моделей операций технологического процесса лесобработывающего цеха [2, 3, 4, 5, 6].

Структурная схема моделируемой системы представлена на рисунке 1. В структурной схеме для имитационного моделирования задается один или два подающих транспортера (Тр1, Тр2) с питателями, от 0 до 2-х головных станков (ГС1, ГС2), от 0 до 4-х станков 2-го уровня (BCN) и от 0 до 8 станков 3-го уровня (TCN).

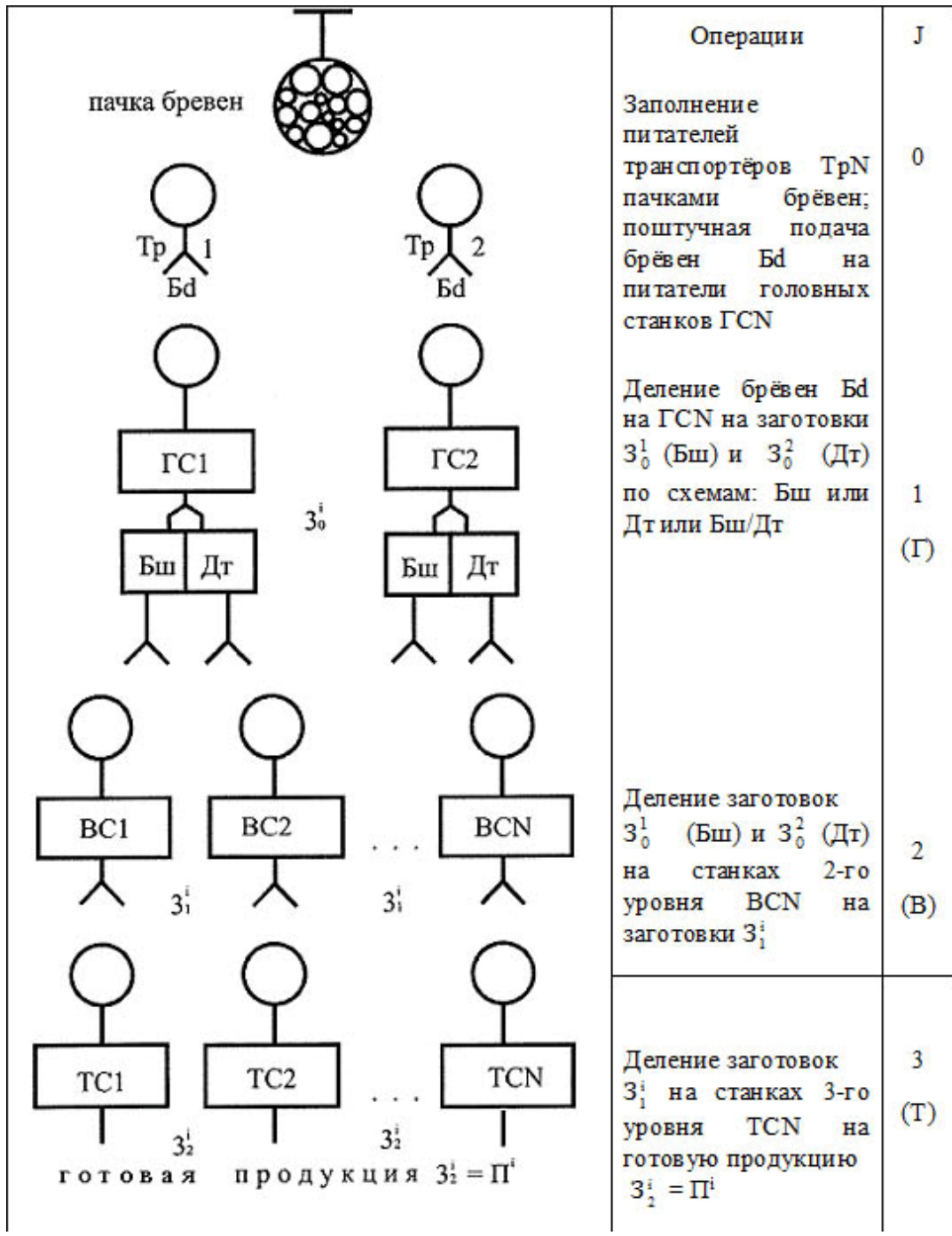
Станки JCN ($J \in \{Г, В, Т \text{ или } 1, 2, 3\}$) классифицированы по:

- применяемой схеме деления круглых лесоматериалов Бд групповым способом – на Бш (брусья) или Дт (доска), на Бш/Дт (брусья и доски);
- числу заготовок Z в пакете для деления на JCN–JCN для ПД (деления пакетами) и JCN для ШД (поштучное деление заготовок);
- типу станка JCN по надежности – JCN1Т–JCN4Т;
- расположению JCN к станку предыдущего уровня (для ГСN к ТрN) – на левые (Л) и правые (П).

Моделирующий алгоритм (рис. 2) состоит из двух взаимосвязанных укрупненных унифицированных подалгоритмов – для моделирования подачи сырья в цех (блок 9) и моделирования работы станков JCN (блок 20).

Обозначение временных показателей работы моделирующей системы и ее элементов: t_i – текущее время моделирования, Δt – шаг моделирования, T_m – продолжительность моделирования, $t_{HЦi}^{TrN}$, $t_{HДи}^{JCN}$ – текущие времена готовности ТрN к подаче бревна в цех и к JCN и начало деления заготовки, $t_{3П}^{TrN}$ – время восстановления запаса на питателе ТрN, $t_{Цi}^{TrN}$, $t_{Ди}^{JCN}$ – длительность цикла ТрN для i-го бревна и длительность деления i-й заготовки на JCN, $t_{ПCi}^{JCN}$ – длительность i-го простоя JCN по собственным

причинам, $t_{\text{НПС}i}^{\text{JCN}}$ – текущее время наступления очередного i -го простоя станка по собственным причинам, $t_{\text{MC}i}^{\text{JCN}}$ – длительность i -го периода работы JCN без собственных простоев, $\sum t_{\text{ПЗ}}^{\text{TrN}}$, $\sum t_{\text{ПЗ}}^{\text{JCN}}$ – сумматоры простоев TrN и JCN из-за отсутствия заготовок на их питателях, $\sum t_{\text{ПЗ}}^{\text{JCN}}$ – сумматор простоев JCN по собственным причинам, $\sum t_{\text{ПЗ}}^{\text{TrN}}$, $\sum t_{\text{ПЗ}}^{\text{JCN}}$ – сумматоры простоев из-за переполнения питателей станков последующих уровней деления, $\sum t_{\text{Ц}}^{\text{TrN}}$, $\sum t_{\text{Ц}}^{\text{JCN}}$ – сумматоры длительностей циклов.



Условные обозначения:



Рис. 1. Структурная схема моделируемой системы «Лесобрабатывающий цех»

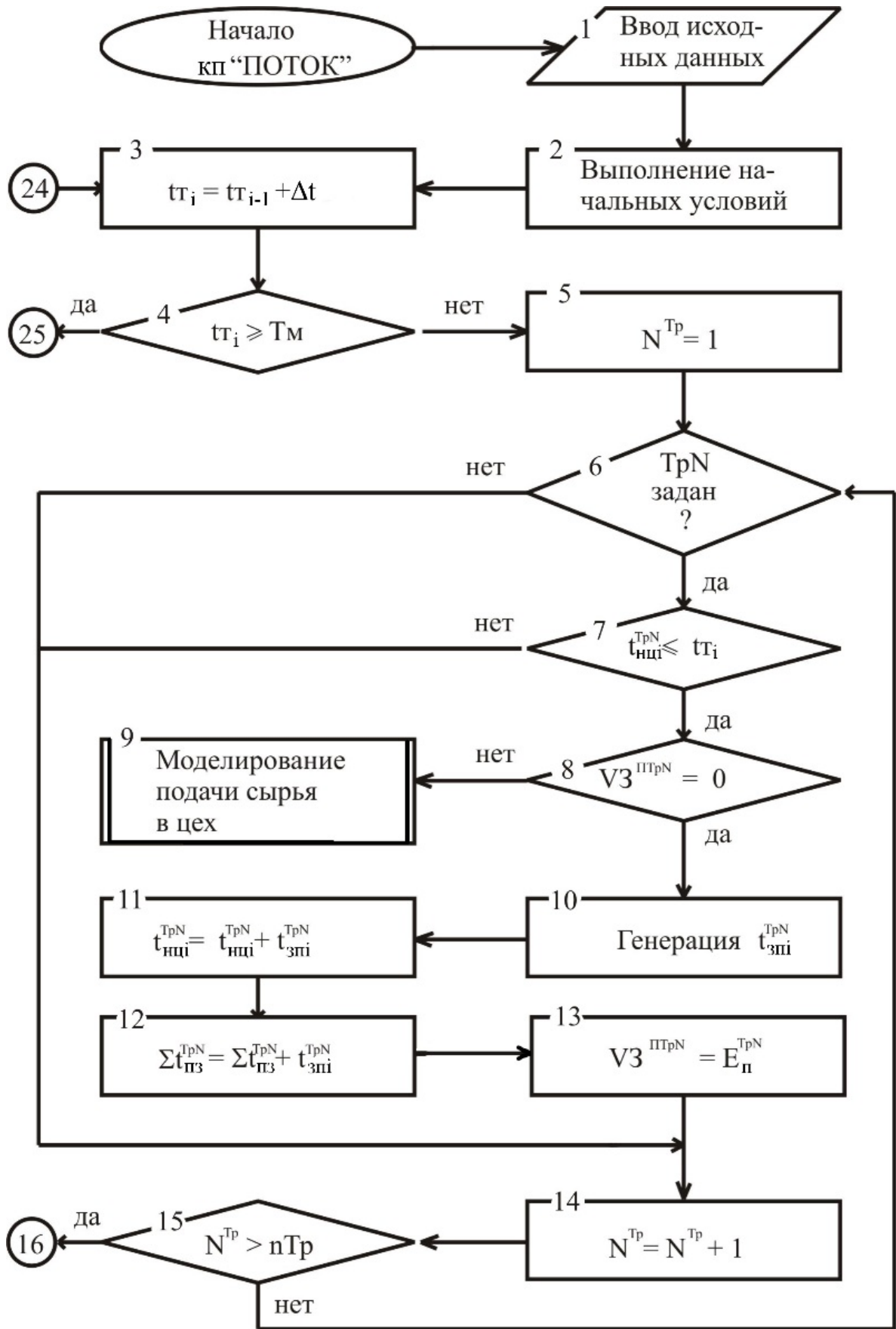


Рис. 2. Принципиальная схема компонент-программы «ПОТОК»

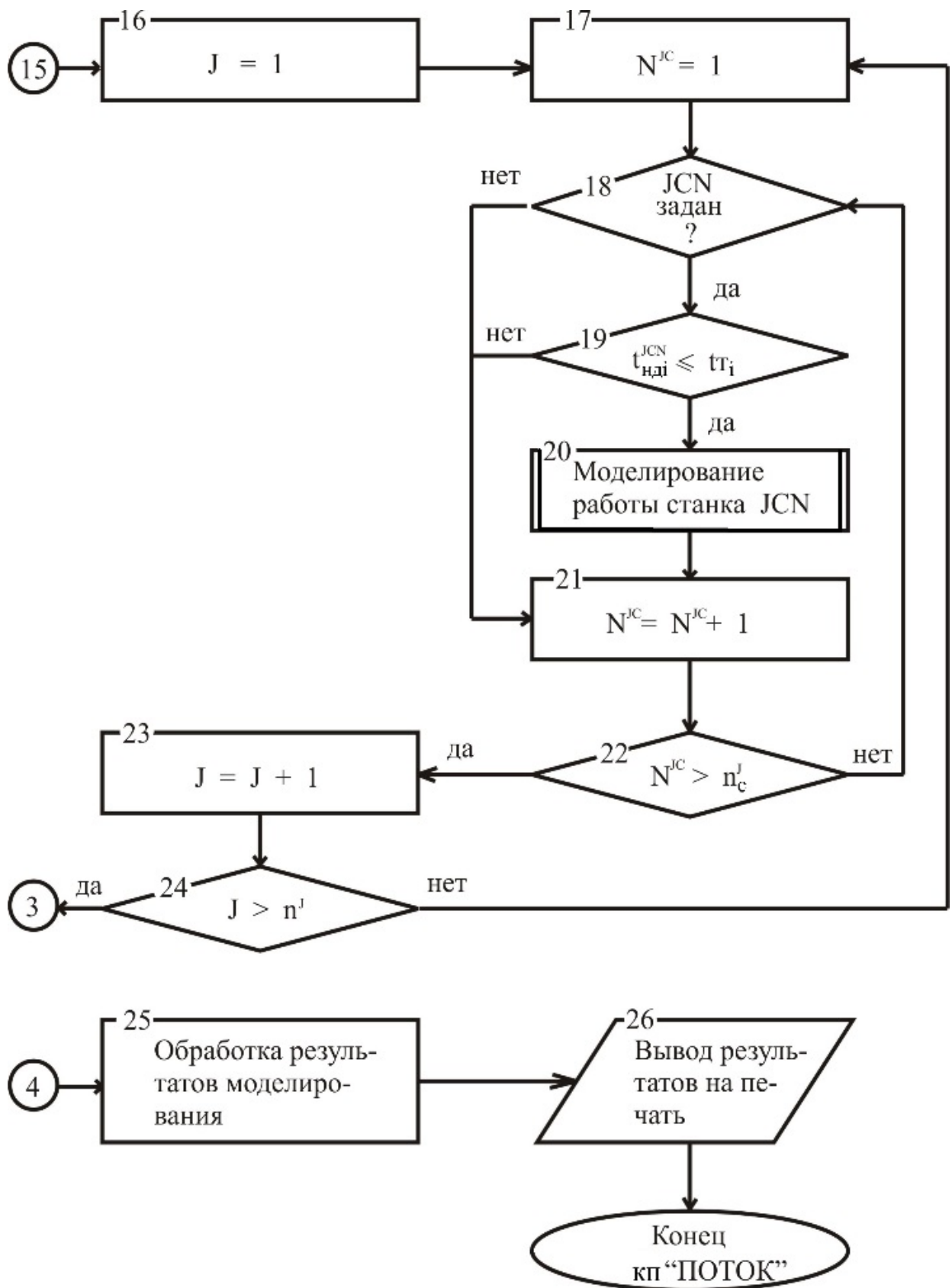


Рис. 2. Принципиальная схема компонент-программы «ПОТОК» (продолжение)

Количественные показатели работы станка JCN представлены в таблице.

Таблица 2

Количественные показатели работы станка JCN

Схема	Обозначение	Наименование	
	$V3_{j-1}^{PN}$; $n3_{j-1}^{PN}$; $\sum V3_{j-1}^{PN}$; $\sum n3_{j-1}^{PN}$	<p>Объем и число заготовок 3_{j-1} на питателе JCN в tt_i</p> <p>Объем и число поступивших на питателя JCN заготовок 3_{j-1} за $0...tt_i$</p>	
	$n3_{j-1}^{BN}$; $n3_{j-1}^{3j-IN}$; $\sum V3_{j-1}^{CN}$; $\sum n3_{j-1}^{CN}$; $\sum V3_j^{CN}$; $\sum n3_j^{CN}$	<p>Число заготовок 3_{j-1}, поступивших на JCN из его питателя</p> <p>Число заготовок 3_j, полученных на JCN из одной заготовки 3_{j-1}</p> <p>Объем и число обработанных на JCN заготовок 3_{j-1} за $0...tt_i$</p> <p>Объем и число полученных на JCN заготовок 3_j за $0...tt_i$</p>	
	$V3_j^{PN}$; $n3_j^{PN}$; $\sum V3_j^{PN}$; $\sum n3_j^{PN}$	<p>Объем и число заготовок 3_j на питателе (J+1)CN в tt_i</p> <p>Объем и число поступивших на питатель (J+1)CN заготовок 3_j за $0...tt_i$</p>	

Моделирующий алгоритм определяет и фиксирует последовательные состояния элементов C_i заданной структурной схемы технологического процесса через интервалы времени с шагом Δt в диапазоне $0-T_m$, где T_m – время моделирования.

После ввода исходных данных и выполнения начальных условий (блоки 1 и 2) определяется очередное текущее время моделирования tt_i (блок 3). Если оно меньше заданного T_m (блок сравнения 4), то управление передается к блокам 5–15, осуществляющих связь системы S с внешней средой посредством транспортеров TrN , как каналов связи, к станкам JCN первого уровня ($J = 1$) от питателей TrN емкостью E_{Π}^{TrN} , заполняемых по мере их опустения пачками круглых лесоматериалов (время возобновления запаса $t_{3\Pi_i}^{TrN}$). После последовательного просмотра состояний всех транспортеров n_{Tr} в текущее время tt_i моделирующим алгоритмом управление передается к блокам программы 16–24.

Для просмотра состояний станков JCN в tt_i , где JCN – станок с порядковым номером N в J-ом уровне системы S, организовано два цикла. Внутренний цикл просматривает все станки n_c^j , расположенные на J-ом уровне системы, а внешний цикл передает управление последующему J+1 уровню системы.

После просмотра состояний всех станков JCN управление передается в блок 3, текущее время увеличивается на шаг моделирования Δt и вся процедура повторяется вновь n раз до равенства времен tt_i и T_m . При достижении конца моделирования накопленная в сумматорах информация о функционировании технологического процесса выдается на экран дисплея (блок 26).

Опыт эксплуатации КП «Поток» в рамках КП «Цех» показал удовлетворительные результаты [7–9]. КП «Поток» совместно с другими компонент-программами позволяет решать многие задачи анализа и синтеза.

Библиографический список

1. Чамеев В.В. Методология исследования и проектирования технологических процессов лесоперерабатывающих цехов по выработке пилопродукции / В.В. Чамеев, А.А. Еремеев // Леса России и хозяйство в них. – № 2 (32). – Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. – С. 64–71.

2. Размерно-качественная характеристика сортиментов / В.В. Чамеев, В.В. Обвинцев, Б.Е. Меньшиков, Е.В. Гаева: учеб. пособие. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2002. – 101 с.

3. Чамеев В.В. Математическая модель и алгоритм по определению сортового состава круглых лесоматериалов и выхода готовой продукции / В.В. Чамеев, Г.Л. Васильев // Вестник МГУЛ. – Лесной вестник, 2014. – № 2. – С. 156–162.

4. Планирование экспериментов на имитационных моделях комплекс-программы «ЦЕХ» / В.В. Чамеев, К.В. Ивачева, Р.А. Уксусов, В.В. Терентьев // Леса России и хозяйство в них. – № 1(44). – Екатеринбург: УГЛТУ, 2013. – С. 104–107.

5. Синхронизация станков по производительности в технологических потоках лесоперерабатывающих цехов / С.Б. Якимович, В.В. Чамеев, Г.Л. Васильев, Ю.В. Ефимов // Молодой ученый. – 2015. – № 5. – С. 207–214.

6. Алгоритмы и машинные программы для исследования технологических процессов лесоперерабатывающих цехов: архитектура комплекса программы «ЦЕХ» / В.В. Чамеев, С.Б. Якимович, Ю.В. Ефимов, Г.Л. Васильев // Молодой ученый. – 2015. – № 10. – С. 357–360.

7. Чамеев В.В. Основные технологические и экономические показатели работы однопоточных потоков лесоперерабатывающих цехов с головным станком Р63-4Б и область их применения / В.В. Чамеев, А.А. Еремеев // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды IV-го Междун. евразийск. симпозиума. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. – С. 214–220.

8. Васильев Г.Л. Рациональные технологические потоки лесоперерабатывающих цехов по раскрою круглых лесоматериалов на пилопродукцию / Г.Л. Васильев, В.В. Чамеев // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды IX-го Междун. евразийск. симпозиума / под науч. ред. В.Г. Новоселова. – Екатеринбург, 2014. – С. 51–56.

9. Васильев Г.Л. Обоснование емкостей межоперационных запасов круглых лесоматериалов для синхронизации работы головной лесопильной рамы с предшествующими операциями в режиме ее работы вразвал / Г.Л. Васильев, В.В. Чамеев // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – 8 с. – URL: www.science-education.ru/121-18452.

УДК 691.11:674.21

С.В. Шетько, С.С. Гайдук

(БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь), tidid@belstu.by, sergey1453@rambler.ru

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПОЛИВИНИЛАЦЕТАТНЫЕ КЛЕИ ДЛЯ СКЛЕИВАНИЯ МАССИВНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

THE MODIFIED POLYVINYL ACETATE ADHESIVES FOR BONDING SOLID WOOD

Работа посвящена исследованию прочности и водостойкости клеевых соединений на основе поливинилацетатных клеев. Для проведения испытаний по определению прочности и водостойкости использовалась европейская методика, согласно DIN EN 204 и DIN EN 205. Дана оценка клеевых материалов, используемых на деревообрабатывающих предприятиях Республики Беларусь для производства мебели и столярно-строительных изделий. Для модифицированных клеев определены оптимальные составы и технологические режимы склеивания.

The work is devoted to the study of the strength and water resistance of the adhesive compounds based on polyvinyl acetate adhesives. For the tests to determine the strength and water resistance to use the European method according to DIN EN 204 and DIN EN 205. The estimation of adhesives used in the wood-processing enterprises of the Republic of Belarus for the manufacture of furniture and joinery products. For modified adhesive compositions and the optimal process conditions bonding.

Приоритетным направлением развития деревообрабатывающей промышленности является рациональное использование сырья и производство экологически безопасной продукции в соответствии с европейскими нормами (D3). Данные задачи можно решить путем склеивания древесины водно-дисперсионными поливинилацетатными (ПВА) клеями. На предприятиях, где производится склеивание массивной древесины, в основном используются импортные клеевые материалы, их доля составляет 90–95 % от общего объема потребления. Для склеивания мебельного щита в Республике Беларусь потребовалось израсходовать порядка 2 тыс. т клея. Отечественные ПВА-клеи, которые в несколько раз дешевле импортных аналогов, не находят широкого применения по причине невысоких физико-механических показателей клеевых соединений на их основе, что обуславливает интерес к исследованиям, направленным на улучшение качественных показателей клееной натуральной древесины. Замена дорогостоящего импортного клея на более дешевый отечественного производства позволит снизить не только себестоимость продукции, но и в значительной мере решить задачу импортозамещения в деревообрабатывающей промышленности.

Перспективными направлениями улучшения физико-механических свойств клеевых соединений древесины являются модификация исходного клеевого материала высокодисперсными частицами. Как показывает практика, введение даже незначительного количества высокодисперсных добавок приводит к значительному изменению свойств получаемого материала. Введение таких добавок приводит к изменению свойств самой полимерной матрицы и появлению свойств, характерных высокодисперсным частицам [1, 2].

На сегодняшний день в Республике Беларусь отсутствуют комплексные исследования по установлению влияния высокодисперсных добавок на их свойства, технологические режимы склеивания, а также на физико-механические показатели клеевых соединений древесины.

Целью исследований являлась разработка технологии получения клеевых соединений древесины в изделиях с высокими показателями прочности и водостойкости поливинилацетатных клеев, модифицированных высокодисперсными добавками.

Объект исследования – полимерные водно-дисперсионные поливинилацетатные клеи, применяемые для склеивания древесины, а также технологии их применения.

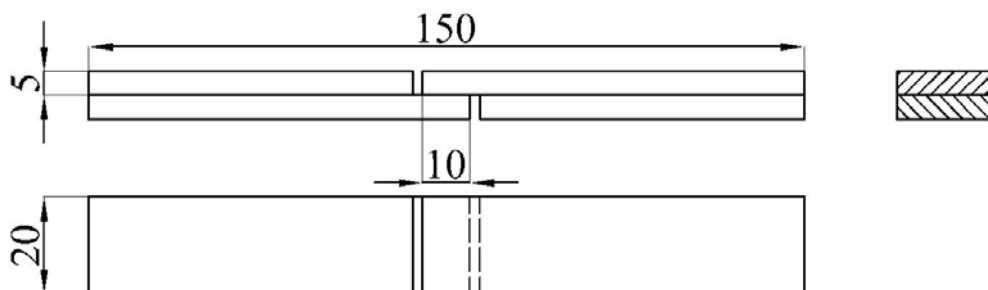
Предмет исследования – механизм повышения водостойкости и прочности клеевых соединений, операции технологического процесса склеивания древесины.

В качестве объекта исследований использовался ПВА-клей отечественного производства марки ДФ 51/15 ВП в соответствии с ГОСТом 18992-80, импортируемые ПВА-клеи, которые наиболее широко представлены на деревообрабатывающих предприятиях Республики Беларусь: «Клейберит 303», «Кестокол 330», «Йоват Йоваколь 103.10», «Акцо Нобель 3359».

В качестве модификаторов использовали высокодисперсные добавки: углеродный материал (УНМ) (Институт тепло- и массообмена НАН Б, ИЧП «Перспективные исследования и технологии» ТУ ВУ 690654933.001–2011) с размером частиц 70 нм, силикатный материал (СНМ) (ГОСТ 13079–93) с размером частиц 400 нм, аэросил А-175 (ГОСТ 14922–77) с размером частиц 40 нм, бентонитовую глину (ГОСТ 7032–75) с размером частиц 600 нм.

Основными показателями для изделий из клееной древесины являются прочность (ГОСТ 15613.1–84) и водостойкость (ГОСТ 17005–82) клеевых соединений. Эти стандарты предусматривают проведение испытаний на образцах древесины сосны (прочность сосны – 6,5 МПа), что не позволяет в полной мере оценить прочность клеевого соединения (должна быть более 10 МПа). Поэтому была разработана «Методика определения технологических свойств поливинилацетатных продуктов на основе модифицирующих добавок», в основу которой легли нормативы прочности и водостойкости клеевых соединений древесины на сдвиг в соответствии с DIN EN 205 [3].

Для испытаний использовались заготовки из древесины бука плотностью (700 ± 100) кг/м³. При этом строго регламентируется влажность древесины – 12 % и условия акклиматизации древесины перед склеиванием: температура $(+20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительная влажность воздуха (65 ± 5) %, или соответственно – $(+23 \pm 2)^\circ\text{C}$ и (50 ± 5) %. Испытания проводились на образцах формы и размеры, которые представлены на рисунке 1. Волокна древесины должны располагаться вдоль плоскости склейки (по направлению растяжения при испытаниях), а годовые кольца – под углом 30–90° к плоскости склейки. Испытания проводились не ранее чем через 7 дней после склеивания заготовок на скалывание.



Общий вид образца для определения прочности

Испытание клеевых соединений проводились для группы нагрузки D3. Для отнесения клеевого соединения к группе нагрузки D3 согласно DIN EN 205 необходимо выполнение условий, представленных в таблице 1.

Показатели прочности клеевого соединения при сдвиге (D3)

Последовательность выдержки	Прочность клеевого соединения, МПа
7 дней при комнатных условиях ($t = 23-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\varphi = 50-70\%$)	≥ 10
7 дней при комнатных условиях; 4 дня в холодной воде ($t = 20-23\text{ }^{\circ}\text{C}$)	≥ 2
7 дней при комнатных условиях; 4 дня в холодной воде; 7 дней при комнатных условиях	≥ 6

Результаты проведенных испытаний представлены в таблице 2.

Анализ проведенных испытаний показывает, что полный цикл испытаний для марки клея D3 прошли только два клеевых материала – «Клейберит 303» и «Кестокол 330». Образцы, склеенные «Йоват Иоваколь 103.10», после выдержки в воде разрушились, поэтому определить их водостойкость не представлялось возможным.

Таблица 2

Прочность склеивания древесины, модифицированной ПВА-клеем

Вид клея	Прочность клеевого соединения при продольном скалывании, МПа, при выдержке после склеивания		
	1 этап	2 этап	3 этап
ДФ51/15ВП	9,45	0,44	5,20
ДФ51/15ВП + 0,025 % УНМ	10,98	1,28	7,75
ДФ51/15ВП + 0,05 % УНМ	9,87	1,35	8,06
ДФ51/15ВП + 0,025 % СНМ	10,16	1,42	8,55
ДФ51/15 ВП + 0,05 % СНМ	10,62	1,46	8,62
ДФ51/15ВП + 0,025 % бентонит	10,43	1,35	5,48
ДФ51/15ВП + 0,050 % бентонит	10,68	1,43	5,70
ДФ51/15ВП + 0,100 % бентонит	10,38	1,34	5,40
ДФ51/15ВП + 0,025 % аэросил	10,75	1,34	6,52
ДФ51/15 ВП + 0,050 % аэросил	10,20	1,24	5,72
ДФ51/15 ВП + 0,100 % аэросил	10,15	1,24	5,81
«Клейберит 3032»	10,95	2,07	8,85
«Кестокол 330»	10,80	2,04	8,75
«Йоват Иоваколь 103.10»	9,46	–	–
«Акцо Нобель 3359»	8,65	1,01	6,65

Клеевые соединения на основе «Акцо Нобель 3359» и ДФ 51/15 ВП не прошли испытаний для определения соответствия группе нагрузки D3 ни на одном этапе.

Повышение прочности клеевых соединений, выполненных клеевым составом с высокодисперсными добавками, происходит в результате того, что включения в полимерный материал многократно увеличивают степень развитости контакта фаз (происходит изменение краевого угла смачивания (с 60 до 30°) и тем самым увеличивается работа адгезии, что непосредственно определяет прочность клеевого соединения.

В соответствии с методикой испытаний наиболее важным и труднодостижимым показателем является прочность клеевого соединения после выдержки в холодной воде в течение 4-х суток (водостойкость). Следует отметить, что необходимая нормативная водостойкость (2 МПа) в результате этого эксперимента так и не была достигнута, поэтому были проведены дополнительные испытания для увеличения водостойкости и интенсификации процесса склеивания путем изменения параметров технологического процесса.

Основными параметрами технологического режима склеивания являются давление, расход клея, продолжительность открытой выдержки, температура и продолжительность склеивания. В целях оптимизации технологических параметров склеивания древесины был реализован двухфакторный эксперимент.

В качестве варьируемых были выбраны факторы, в наибольшей степени влияющие на физико-механические показатели клееной древесины (прочность и водостойкость клеевого соединения): температура плит пресса ($X_1, ^\circ\text{C}$) и продолжительность склеивания ($X_2, \text{мин}$).

Для проведения испытаний использовались следующие клеевые композиции:

- клей ДФ51/15ВП + 0,030 % УНМ + 2,5 % Na-КМЦ;
- клей ДФ51/15ВП + 0,063 % аэросил + 2,5 % Na-КМЦ.

Добавка натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ) осуществлялась с целью улучшения тиксотропных свойств клея.

В результате реализации матрицы планирования эксперимента получены адекватные уравнения регрессии физико-механических свойств клеевых соединений. Соответственно, экспериментальные модели для определения прочности (y_1) и водостойкости (y_2) клеевых соединений древесины модифицированным клеем имеют вид:

$$y_1 = -0,877 + 0,064X_1 + 0,301X_2 - 0,00038X_1^2 - 0,002X_1X_2 - 0,02X_2^2;$$

$$y_2 = -1,03 + 0,246X_1 + 1,411X_2 - 0,002X_1^2 + 0,0166X_1X_2 - 0,21X_2^2.$$

Так как наиболее труднодостижимым показателем является водостойкость (y_2), то определение оптимального режима проводилось по этому показателю.

В результате анализа установлено, что оптимальным режимом склеивания древесины модифицированным ПВА-клеем является следующий: температура плит пресса – 80 °С, продолжительность склеивания – 1,8 мин, время открытой выдержки – 5 мин, расход клея – 200–250 г/м², давление прессования – 1 МПа.

Результаты лабораторных испытаний показали, что разработанный технологический режим позволяет получить клеевые соединения, сопоставимые по физико-механическим свойствам с группой нагрузки D3. На основе этого режима был разработан технологический регламент и на ОАО «Могилевдрев» осуществлен выпуск опытно-промышленной партии мебельных щитов в объеме 1,5 м³ для изготовления мебели.

Библиографический список

1. Головин Ю.И. Введение в нанотехнологию / Ю.И. Головин. – М.: Машиностроение, 2003. – 112 с.
2. Ковальчук М.В. Нанотехнологии – фундамент новой наукоемкой экономики 21 века / М.В. Ковальчук // Российские нанотехнологии. – 2007. – № 1–2. – С. 6–11.
3. Гайдук С.С. Исследование прочности и водостойкости клеевых соединений на основе ПВА-дисперсий / С.С. Гайдук // Труды БГТУ. Лесная и деревообработ. пром-сть. – 2012. – № 2. – С. 172–174.

УДК 647.047

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

**ВЛИЯНИЕ КАПИЛЛЯРНОЙ ПРОВОДИМОСТИ ДРЕВЕСИНЫ
НА НЕИЗОТЕРМИЧЕСКИЙ ВЛАГОПЕРЕНОС**

**THE IMPACT OF CAPILLARY CONDUCTIVITY OF WOOD
IN NON-ISOTHERMAL MOISTURE TRANSFER**

В статье подробно рассматривается природа явления термовлагопроводности древесины и доказывается гипотеза о невозможности движения влаги по капиллярам внутрь древесины под действием градиента температуры вследствие практически полного отсутствия капиллярной проводимости в данном направлении.

The article details the nature of the phenomenon of heat and moisture transfer of wood and prove the hypothesis of the impossibility of movement of moisture through the capillaries into the wood under the influence of a temperature gradient in consequence of the almost complete absence of capillary conduction in this direction.

Из теории сушки известно, что такое явление, как термовлагопроводность [1], может создавать дополнительный поток влаги, если градиент температуры отрицателен, и таким образом ускорять процесс влагоудаления (сушки). Но если градиент температуры положителен, термовлагопроводность может существенно тормозить влагоудаление. При этом совершенно очевидно, что такой тормозящий эффект может распространяться только на процесс удаления жидкостной влаги (вплоть до его полной остановки). При этом на молекулярный и молярный перенос парообразной влаги внутри капиллярно-пористого тела это не распространяется вследствие разной физической природы этих явлений [1–4].

Тормозящий эффект термовлагопроводности (неизотермический поток) может уменьшить и даже остановить жидкостный поток, возникший по причине достаточной величины расклинивающего давления, но сделать его отрицательным он не может. Это связано со следующими объективными явлениями [5, 6].

Движение смачивающей жидкости в одиночном сквозном цилиндрическом капилляре под действием сил поверхностного натяжения при ламинарном режиме определяется уравнением [5]:

$$\frac{d^2 l}{dt^2} + \frac{1}{l} \left(\frac{dl}{dt} \right)^2 + \frac{8\eta dl}{r^2 \rho_{жс} dt} + g \cdot \sin \varphi - \frac{2\sigma \cos \Theta}{r \rho_{жс} l} = 0, \quad (1)$$

где η – коэффициент вязкости;

g – ускорение свободного падения;

φ – угол наклона капилляра;

σ – поверхностное натяжение;

θ – угол смачивания.

В линейном приближении, пренебрегая в уравнении (1) двумя первыми членами ввиду их малости, получаем для горизонтального капилляра ($\varphi = 0$)

$$\frac{dl}{dt} = \frac{2\sigma \cos \Theta r}{8\eta l}, \quad (2)$$

для вертикального капилляра ($\varphi = 90^\circ$):

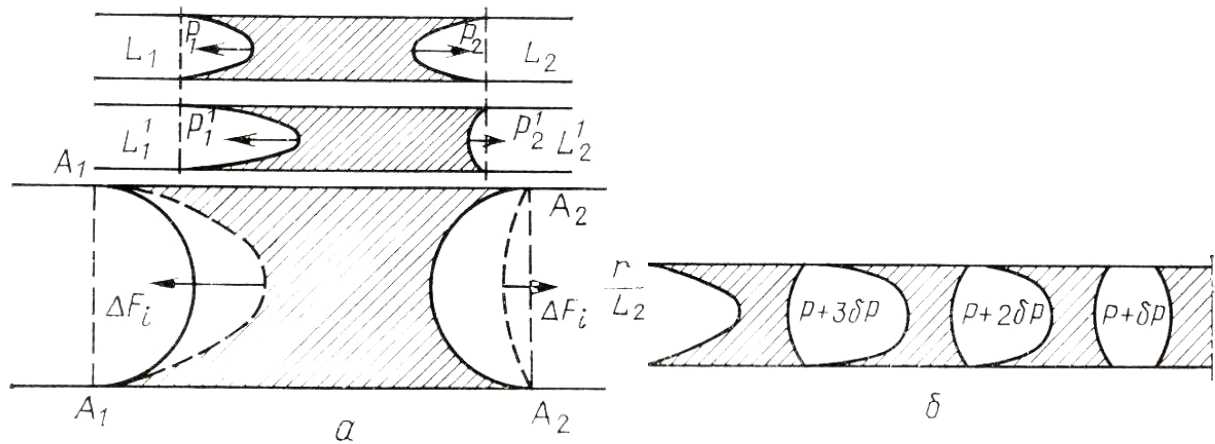
$$\frac{dl}{dt} = \frac{r^2}{8\eta l} \left(\frac{2\sigma \cos \Theta r}{8\eta l} - \rho_{жс} gl \right), \quad (3)$$

где l – длина столбика жидкости в капилляре;

t – время движения;

$\rho_{ж}$ – плотность жидкости;
 r – радиус капилляра.

Уравнения движения жидкости (1–3) не учитывают влияния заземленного воздуха [4]. При появлении пузырьков воздуха при движении жидкости в древесине существенную роль будет иметь эффект Жамена (рисунок 1). Он заключается в том, что при несплошном заполнении капилляров образовавшиеся замкнутые воздушные включения вызывают резкое увеличение гидродинамического сопротивления среды. Такая картина наблюдается при движении газированной жидкости, например нефти, сквозь пористую среду [7]. Исследованию влияния эффекта Жамена на движение пасоки по сосудам живой древесины были посвящены классические работы академика Е.Ф. Вотчала [8], к сожалению, не получившие в дальнейшем необходимого развития.



Эффект Жамена (*a* – мениски капилляра; *b* – четки Жамена)

По существу эффект Жамена есть интегральное выражение влияния внутренних граничных условий на движение жидкости через сложную капиллярно-пористую среду.

Мы можем описать фильтрацию жидкости при ее движении через пористую среду законом Дарси:

$$\bar{u} = \frac{c}{\eta} \frac{dP}{dx}, \quad (4)$$

где c – коэффициент проницаемости;

$\frac{dP}{dx}$ – градиент давления.

Или при ее течении по капиллярам формулой Пуазейля:

$$\bar{u} = \frac{r^2}{8\eta} \frac{dP}{dx}. \quad (5)$$

При достаточно стабильной температуре коэффициент вязкости не может изменять свою величину в зависимости от структуры среды. Изменение скорости \bar{u} фильтрации жидкости можно отнести на счет появления инородной фазы – газовых пузырьков, вызывающих изменение внутренних граничных условий среды. Это наиболее ясно видно из закона Дарси: при неизменных η и $\frac{dP}{dx}$ [7] происходит уменьшение \bar{u} за счет уменьшения эффективного значения коэффициента проницаемости.

Формула Пуазейля в ее стандартном виде вообще не применима для случая несплошного течения жидкости и с учетом прерывности может быть представлена в виде [5]:

$$\bar{u} = \frac{r^2}{8\eta} \frac{dP}{dx} \frac{1}{1 + \alpha}, \quad (6)$$

где α – поправочный коэффициент, зависящий от количества газовых пузырьков, коэффициента поверхностного натяжения по отношению к материалу стенок капилляра. Следует отметить, что формально уменьшение \bar{u} можно также отнести за счет увеличения эффективного значения коэффициента вязкости η жидкости, вследствие ее «газирования», считая при этом коэффициент проницаемости c неизменным по величине.

Однако, по мнению Н.И. Оснача [5, 9], уменьшение скорости фильтрации при наличии четок Жамена в древесных капиллярах происходит за счет совместного воздействия как уменьшения проводимости, так и увеличения эффективного значения вязкости, но со значительным превалированием первого фактора.

Пузырек газа, образовавшийся в силу тех или иных причин в капилляре, будет оказывать значительное сопротивление движению жидкости. Цепочка из пузырьков – четки Жамена – может полностью закрыть капилляр.

Допустим теперь, что в капилляре образовалась цепочка четок Жамена, содержащая n пузырьков. Рассмотрим в ней i -й газовый пузырек.

В динамическом режиме левый и правый мениски будут иметь различную кривизну (рисунок 1). Определим величину добавочного сопротивления, создаваемого на границах i -й капли жидкости.

Давление P_i , которое в литературе обычно называют Лапласовым (по имени известного французского ученого*), в каждой точке искривленной поверхности будет направлена в сторону центра кривизны соответствующей элементарной площадки $\Delta\alpha_i$.

При этом полная сила Лапласова давления по поверхности мениска A_1A_1 равна

$$f' A_1 A_1 = \iint \sigma \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)_{11}, \quad (7)$$

где $r_1 r_2$ – соответственно радиусы наименьшей и наибольшей кривизны данного элемента поверхности.

Для поверхности мениска A_2A_2 сила Лапласова давления равна

$$f'' A_2 A_2 = \iint \sigma \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)_{11} \sin \nu_{11} d\alpha. \quad (8)$$

Таким образом, сила противодействия связана с i -й каплей при продвижении последней:

$$\Delta F_i = f' A_1 A_1 - f'' A_2 A_2 = \iint \sigma \left\{ \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)_1 \sin \nu_1 - \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)_{11} \sin \nu_{11} \right\} d\alpha, \quad (9)$$

где ν_1, ν_{11} – угол между нормалью к поверхности мениска и осью капилляра (соответственно поверхности менисков A_1A_1 и A_2A_2).

Для вычисления (9) необходимо знать подынтегральное выражение как функцию независимых переменных, которая будет весьма сложным образом изменяться в процессе деформации мениска при его движении вместе с жидкостью по капилляру. В результате выражение (9) становится практически невычислимым.

Однако оценить величину противодействия возможно.

Допустим в первом приближении, что каждый пузырек вносит некоторое дополнительное сопротивление

$$\delta P_i \approx \frac{2\sigma}{r_i}, \quad (10)$$

где r_i – величина среднего радиуса кривизны мениска капли.

Когда вся цепочка начнет двигаться, то полное капиллярное противодействие будет $\Delta P_{дон} \approx n \frac{2\sigma}{r_i}$.

Для древесных капилляров (модель коллоидного капиллярно-пористого тела [10], эквивалентный радиус ранней трахеиды сосны) характерен размер

$$r_i = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м},$$

поверхностное натяжение жидкости при $T = 353 \text{ }^{\circ}\text{К}$

$$\sigma_i \approx 60 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Тогда противодействие, создаваемое одним пузырьком,

$$\delta P_i \approx 6000 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (11)$$

Исследователи [5, 6] осторожно предполагают, что наличие 50–100 пузырьков воздуха в капилляре делает его непроницаемым.

Однако мы можем утверждать, что наличие уже одного пузырька делает капилляр непроницаемым (при движении жидкости внутрь), так как с учетом площади капилляра противодействие составляет

$$\delta P_{\phi} \approx 5 \cdot 10^{12} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 \approx 5 \cdot 10^7 \text{ атм}.$$

Авторы [6] утверждают, что тиллы в сосудах, старческие сдвиги торуса, замкнутые включения защемленного воздуха – все это говорит о том, что для решения вопроса кинетики движения жидкости по древесине при неполном насыщении ее пор модель должна состоять из системы тупиковых капилляров.

Общий вывод по работе

Гипотеза о невозможности движения влаги по капиллярам внутрь древесины под действием градиента температуры подтверждается.

Библиографический список

1. Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – М.: Госэнергоиздат, 1950. – 416 с.
2. Лыков А.В. Явление переноса в капиллярно-пористых телах / А.В. Лыков. – М.: ГИТТЛ, 1954. – 296 с.
3. Лыков А.В. Кинетика и динамика процессов сушки и увлажнения / А.В. Лыков. – М.: Гизлегром, 1938. – 590 с.
4. Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. М.: Энергия, 1968. – 470 с.
5. Оснач Н.А. Проницаемость и проводимость древесины / Н.А. Оснач. – М.: Лесн. пром-сть, 1964. – 182 с.
6. Пятакин В.И. Техническая гидродинамика древесины / В.И. Пятакин, Ю.Г. Тишин, С.М. Базаров. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 304 с.
7. Требин Ф.А. Нефтепроницаемость песчаных коллекторов / Ф.А. Требин. – М.: Гостоптехиздат, 1945. – 139 с.
8. Вотчал Е.Ф. О движении пасоки в растениях / Е.Ф. Вотчал. – М.: Изд. Кушнерева и К^о, 1897. – 390 с.
9. Оснач Н.А. О проницаемости древесины / Н.А. Оснач // Деревообрабатывающая промышленность. – 1961. – № 3. – С. 11–13.
10. Гороховский А.Г. Технология сушки пиломатериалов на основе моделирования и оптимизации процессов тепломассопереноса в древесине: дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.05: защищена 22.10.08: утв. 08.05.09 / Гороховский Александр Григорьевич. – СПб.: СПбГЛТА им. С.М. Кирова, 2008. – 263 с.

* Laplace P.S. Theorie de l'action capillaire. Pp. 1806–1807 (Supplement au X livre du Traite de mecanique celeste) (по [5])

УДК 339.137.2

А.В. Шустов

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), al.v.shustov@mail.ru

АНАЛИЗ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ

AN ANALYSIS OF ESTIMATION OF ACCORDANS IS IN WOODWORKING

Проанализированы технические регламенты, схемы декларирования и сертификации оборудования и продукции деревообработки.

Technical regulations, charts of declaration and certification of equipment and products of woodworking, are analysed.

В соответствии с федеральным законом «О техническом регулировании» № 184-ФЗ от 27.11.2002 г. (в редакции от 28.12.2013 г.) деревообрабатывающее оборудование, инструмент и продукция деревообработки должны подвергаться обязательному подтверждению соответствия в форме декларирования или обязательной сертификации [1].

В настоящее время в Едином перечне продукции, подлежащей обязательной сертификации, не осталось позиций, имеющих отношение к деревообработке. Последние были исключены Постановлением Правительства РФ от 21.03.2012 г. № 213 «Оборудование деревообрабатывающее» и Постановлением от 13.11.2010 г. № 906 «Мебель бытовая».

В Единый перечень продукции, подтверждение соответствия которой осуществляется в форме принятия декларации о соответствии, введены следующие позиции (по Постановлению Правительства РФ от 13.11.2010 г. № 906):

- 5361. Изделия столярные. Блоки оконные и балконные дверные деревянные;
- 5500. Продукция фанерного производства. Плиты. Спички;
- 5530. Плиты ДСП.

Из данного перечня исключена «Мебель бытовая» Постановлением от 01.07.2014 г. № 1009.

Очевидно, многие изделия деревообработки и виды оборудования могут проходить процедуру добровольной сертификации. Однако в последние годы в рамках Таможенного союза или Евразийского союза приняты технические регламенты, касающиеся оборудования и продукции деревообработки, являющиеся законами в области технического регулирования.

Это технический регламент ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования», утвержденный решением комиссии Таможенного союза от 18.10.2011 г. № 823 [2], и технический регламент ТС 025/2012 «О безопасности мебельной продукции», принятый решением Совета Евразийской экономической комиссии от 15.06.2012 г. № 32 [3].

В соответствии с ТР ТС 010/2011 в перечень объектов технического регулирования, подлежащих подтверждению соответствия в форме обязательной сертификации, входят только

1. Станки деревообрабатывающие бытовые.

В форме декларирования соответствия обозначены:

23. Оборудование деревообрабатывающее (кроме бытовых).

54. Пилы дисковые с твердосплавными пластинами для обработки древесных материалов.

56. Фрезы насадные дереворежущие.

Остальные виды режущего инструмента не попали в данный перечень.

Сложнее обстоит дело с ТР ТС 025/2012 «О безопасности мебельной продукции». Очевидно, данный регламент будет в серьезной степени «кошмарить» мелкий и средний бизнес и осложнять жизнь даже крупных предприятий и холдингов.

ТР ТС 025/2012 распространяется на следующую мебельную продукцию: изделия, наборы, гарнитуры мебели бытовых и общественных помещений, в том числе изготовленную по индивидуальным заказам. Не распространяется на мебель:

- бывшую в употреблении и отремонтированную;
- образцы мебели, предназначенные для экспонирования на выставках и для рекламы;
- антикварную мебель.

Данный технический регламент устанавливает очень сложную систему требований, показателей, параметров, испытаний для различных видов мебельной продукции бытовых и общественных помещений:

- 1) требования механической безопасности;
- 2) требования химической и санитарно-гигиенической безопасности;
- 3) требования пожарной безопасности;
- 4) требования электрической безопасности;
- 5) устойчивость изделий корпусной мебели;
- 6) требования безопасности мебели для сидения и лежания, включая требования к мягкой мебели;
- 7) требования безопасности кресел для зрительных залов;
- 8) требования безопасности мебели для предприятий торговли;
- 9) требования безопасности мебели для книготорговых помещений.

Очень сложны и многочисленны требования механической безопасности. Так, простейшие столы письменные (рабочие) требуют проведения восьми испытаний, включая длительные циклические. Это непростая работа не только для крупных серийных производителей, имеющих серьезную производственную и испытательную базу, но и для специальных аккредитованных испытательных лабораторий (центров) и органов по сертификации. А если предприятие работает по индивидуальным штучным заказам или мелкими сериями, стоимость испытаний и подтверждение соответствия может значительно превысить себестоимость мебельной продукции. Тогда такие изделия проще выдавать за антикварные, или отремонтированные, или предназначенные для выставок, поскольку на них не распространяются требования данного технического регламента.

В соответствии с ТР ТС 025/2012 есть три схемы обязательной сертификации и пять схем декларирования соответствия мебельной продукции. Простейшая схема сертификации Зс предусматривает испытание образцов продукции в аккредитованной испытательной лаборатории. Образцы отбирает из партии аккредитованный орган по сертификации продукции. Заявитель формирует комплект доказательных документов: техническое описание на изделие с чертежами, предельными нагрузками; сертификаты соответствия и протоколы испытаний на материалы и комплектующие; перечень национальных стандартов для обеспечения подтверждения соответствия техническому регламенту; протоколы испытаний образца продукции; контракт или договор на поставку; другие документы. Оценки производства и инспекционного контроля на предприятии или в торговле данная схема не предусматривает, но она действительна только для партии продукции, а не серийного производства.

В серийном производстве проводится анализ производства органом по сертификации или сертификация системы менеджмента качества проектирования и производства аккредитованным органом. Простейшая схема декларирования соответствия 1д предусматривает, что испытание образцов продукции осуществляет изготовитель на собственной испытательной базе и формирует пакет технической документации для

заполнения декларации соответствия. Но данная схема действует только для мебели книоторговых помещений, предприятий торговли и кресел для зрительных залов. Для подтверждения соответствия других видов мебели при декларировании необходимо участие аккредитованных испытательных лабораторий и органов по сертификации.

Для установления соответствия мебельной продукции области применения технического регламента проводится ее идентификация.

Идентификацию проводят:

- органы по сертификации;
- изготовитель (продавец) – при декларировании соответствия;
- любые заинтересованные лица.

При этом используется один из методов или их сочетание:

- по документации;
- визуальный;
- органолептический;
- инструментальный.

Выводы:

1. Для крупных деревообрабатывающих предприятий массового и серийного производства, прошедших сертификацию по межгосударственному стандарту ГОСТ ISO 9001-2011 «Системы менеджмента качества», разумно идентификацию, декларирование или обязательную сертификацию проводить аккредитованным органом по сертификации.

2. Для предприятий мелкого и среднего бизнеса наиболее удобными и наименее затратными являются проведение идентификации мебельной продукции визуальным методом заинтересованными лицами и подтверждение соответствия в форме декларирования.

Библиографический список

1. Российская Федерация. Законы. О техническом регулировании: [федер. закон, № 184-ФЗ: принят Госдумой 27.12.2002 г.: по состоянию на 28.12.2013 г.].

2. О безопасности машин и оборудования: технический регламент ТС 010/2011: утв. 18.10.2011 г.

3. О безопасности мебельной продукции: технический регламент ТС 025/2012: утв. 15.06.2012 г.

**Деревообработка в малоэтажном
и индустриальном домостроении**

Woodworking in low and industrial housing construction

УДК 674.213.692.2

О.К. Леонович

(БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь), OKL2001@mail.ru

**СОЕДИНЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДОМОВ
КАРКАСНОГО ТИПА**

**INCREASED ENVIRONMENTAL SAFETY AND THERMAL RESISTANCE
OF WALL PANELS HOUSES OF FRAME TYPE**

В статье проведен анализ основных соединений деревянных конструкций домов каркасного типа. Для повышения надежности и долговечности домов каркасного типа предложено выполнять прочностные и теплотехнические расчеты, а также производить огнебиозащитные пропитки деревянных конструкций.

The article analyzes the basic compounds of wooden structures buildings frame type. To improve the reliability and durability of the buildings frame type invited to perform strength and heat engineering calculations and produce огнебиозащитные impregnation of wooden structures.

Запасы древесины в мире огромны – около 350 000 млн м³, из них в России 25 %, в Беларуси 0,5 %. Ежегодный прирост древесины в мире составляет 7000–9000 млн м³. Так что ресурсов для строительства жилых домов, соответствующим нормам экологической безопасности, доступных по цене, легко поддающихся архитектурному дизайну, достаточно.

В мире древесина широко используется в строительстве деревянных домов каркасного типа, возводимых на строительных площадках, изготавливаемых из плоскостных конструкций заводского изготовления (панели стен, перекрытий и покрытий) и из пространственных элементов заводского изготовления. В отдельных странах объем каркасного деревянного домостроения составляет от 30 до 75–80 % (Канада, США, Финляндия) от общего объема жилищного строительства.

В странах СНГ доля деревянного домостроения значительно ниже и основными причинами является отсутствие мощных предприятий по производству деревянных домов, отсутствие общего подхода к проектированию и строительству домов каркасного типа. Строительство домов с нарушением технологии и без разработки архитектурных дизайн-проектов порождает недоверие к каркасно-панельным домам.

В настоящее время деревянное домостроение находит широкое распространение, особенно при строительстве индивидуальных дачных и коттеджных строений.

Концепция государственной жилищной политики Беларуси предусматривает значительное увеличение доли деревянного домостроения, особенно в сельских районах. Учитывая, что затраты на энергоносители в Республике Беларусь достигают 2000 млн долларов, энергосбережение становится одной из важнейших задач, в т.ч. и при проектировании домов. Энергосбережение является приоритетом государственной политики в решении энергетической проблемы в Республике Беларусь [1].

Анализируя последние исследования по разработке рациональных строительных конструкций для домов каркасного типа, методы расчета прочностных и теплотехнических характеристик, необходимо отметить следующее.

Изучение и анализ научно-технической и патентной литературы, а также нормативной документации показал, что необходимо разработать ГОСТ по разработке конструкций и строительству деревянных домов каркасного типа. Нормативный документ на строительство должен предусматривать расчет и испытание стеновых панелей домов каркасного типа с определением следующих показателей:

- прочностных характеристик панелей;
- теплотехнических характеристик панелей.

В качестве прочностной характеристики выбрана расчетная несущая способность стены R_d . Определение этой характеристики будет проводиться по СТБ 1591-2006. Расчет деревянных конструкций на прочность производится перед испытаниями по ТКП 45.5.05.146-2009.

В 2010 году в Республике Беларусь введен в действие ТКП EN 1995-1-1-2009. Документ предусматривает требования к деревянным конструкциям и зданиям при проектировании. Технический кодекс соответствует принципам и требованиям безопасности и эксплуатации пригодности сооружений, а также методам расчета и подтверждения конструкции в соответствии с EN 1990.

ТКП EN 1995-1-1-2009 включает следующие разделы: основные положения, основы проектирования, свойства материалов, долговечность, основы структурного анализа, предельные состояния по несущей способности и пригодности к эксплуатации, соединения на металлических крепежных деталях, конструкционные и сборные элементы, изготовление, монтаж и контроль качества.

Для оценки теплотехнических свойств ограждающих конструкций (панелей) принято расчетное сопротивление теплопередаче R_m , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$. Определение этого параметра производится по ТКП 45-2.04-43-2006. Тепловая изоляция наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений определяется по ТКП 45-3.02-113-2009. Определение характеристик тепловой защиты жилых и общественных зданий производится в соответствии с ТКП 45-2.04-196-2010.

Одной из важнейших проблем при строительстве деревянных домов является био-огнезащита деревянных конструкций, особенно каркаса, являющегося основным несущим элементом здания каркасного типа. Если в процессе эксплуатации произойдет увлажнение конструкции или ее гниение при неправильной эксплуатации здания, то прочность древесины может снизиться ниже уровня заложенных нормативных и временных сопротивлений древесины, используемых при расчетах прочности [2, 3].

Соединение панелей домов каркасного типа должны быть подвергнуты прочностным расчетам по действующим ТНПА [3]. Некоторые типы соединений, применяемых в настоящее время на предприятиях Беларуси, выпускающих сборные стеновые панели домов каркасного типа, показаны на рис. 1–7.

Вид А

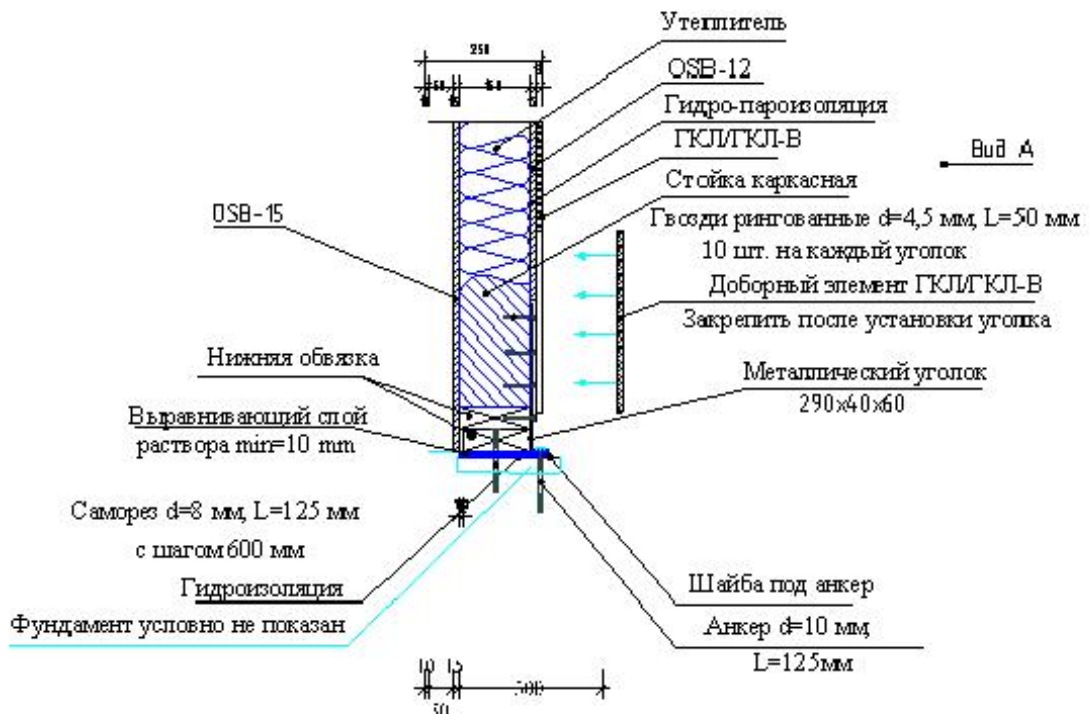
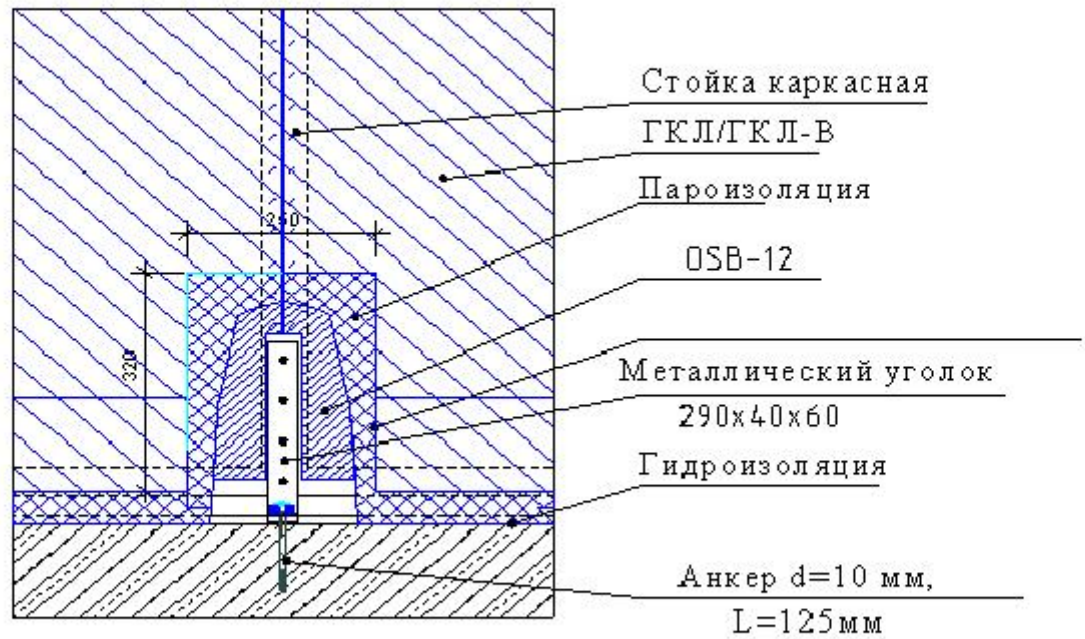


Рис. 1. Узел крепления наружной стеновой панели и перекрытия на отметке 0.000

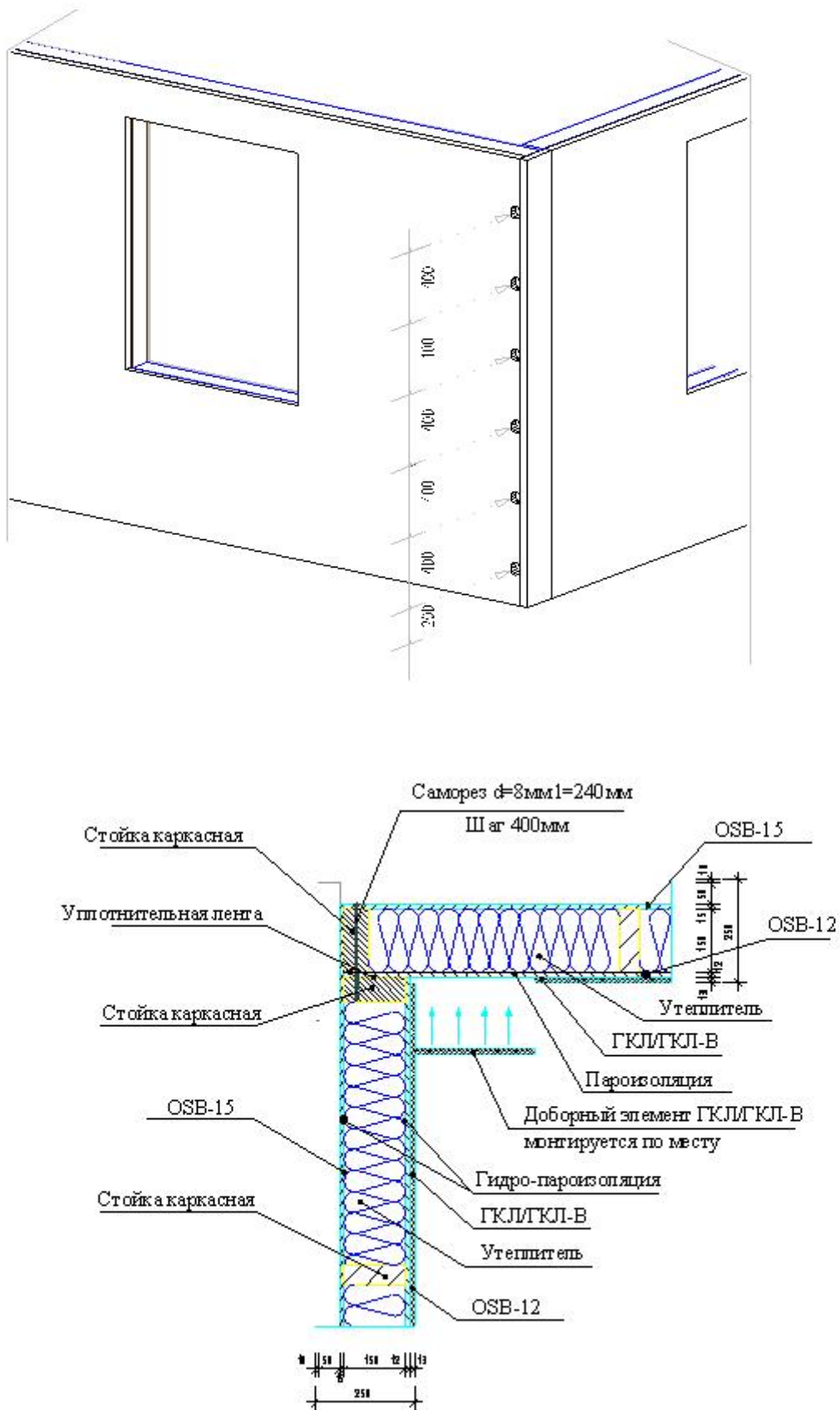


Рис. 2. Узел углового крепления наружных стеновых панелей. Тип 1

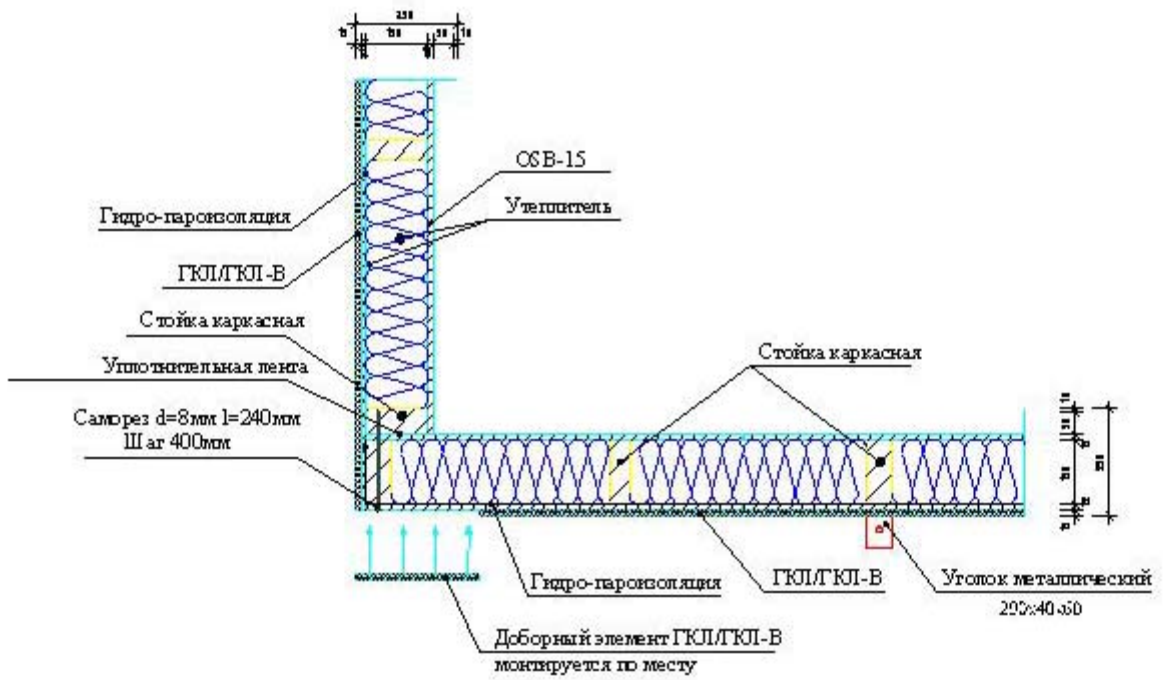


Рис. 3. Угол углового крепления наружных стеновых панелей. Тип 2

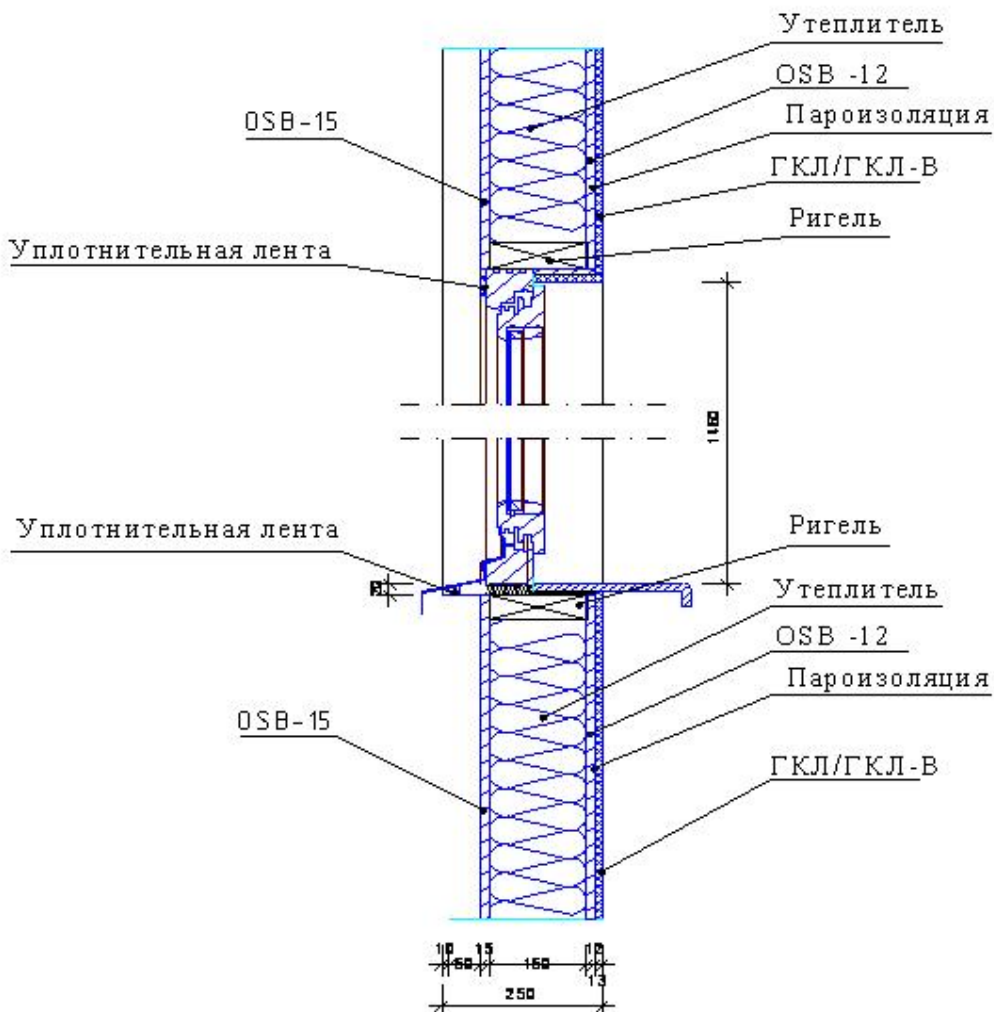


Рис. 4. Узел крепления окна

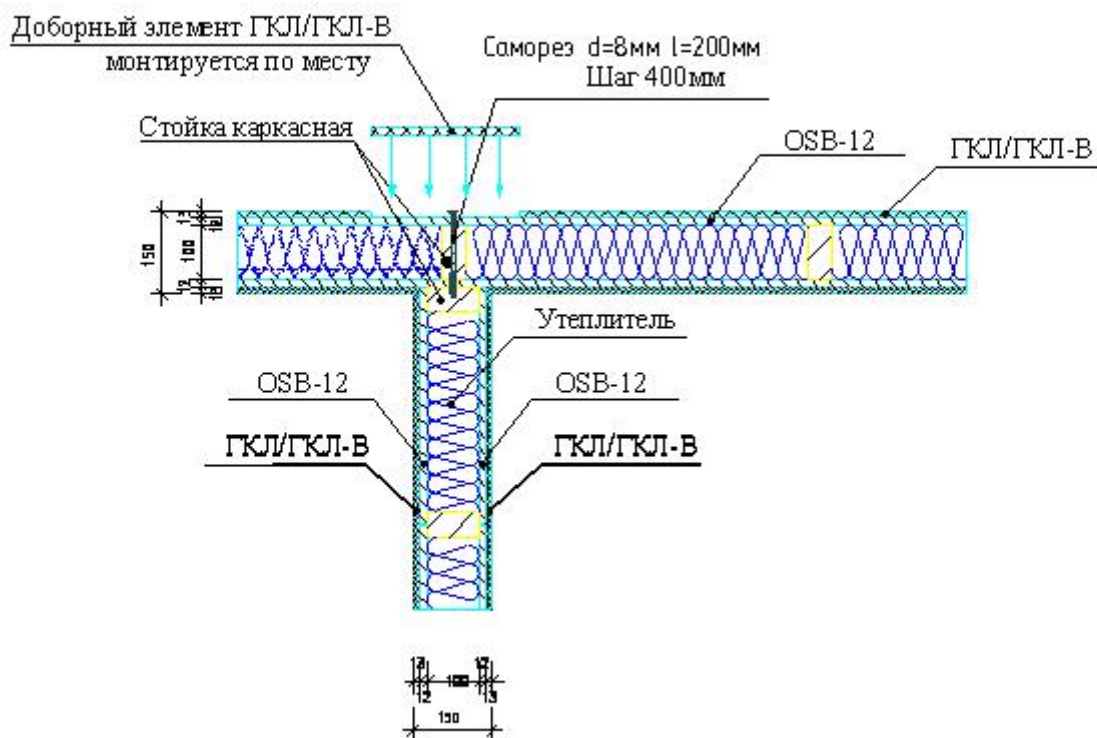
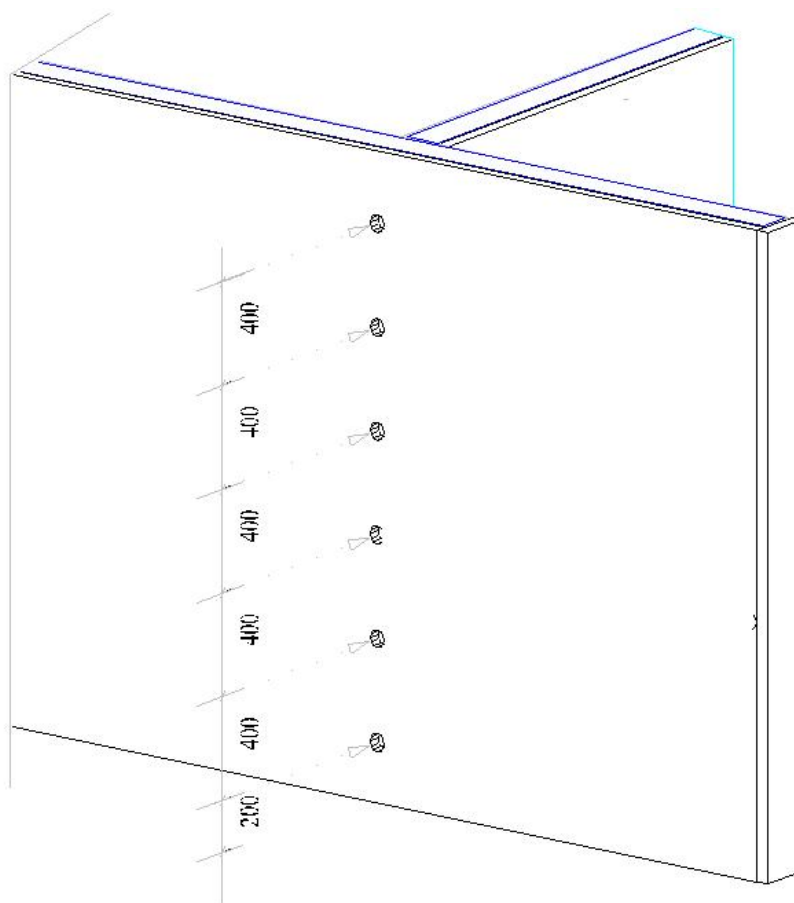


Рис. 5. Узел Т-образного крепления

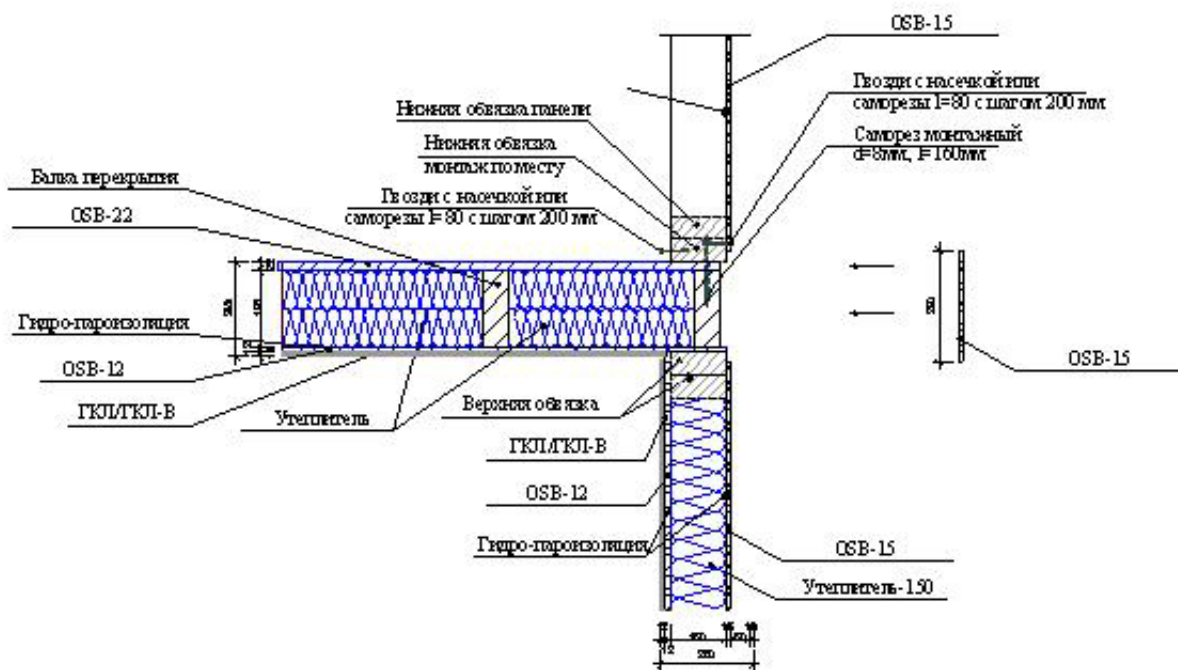


Рис. 6. Узел крепления наружных стен и перекрытия

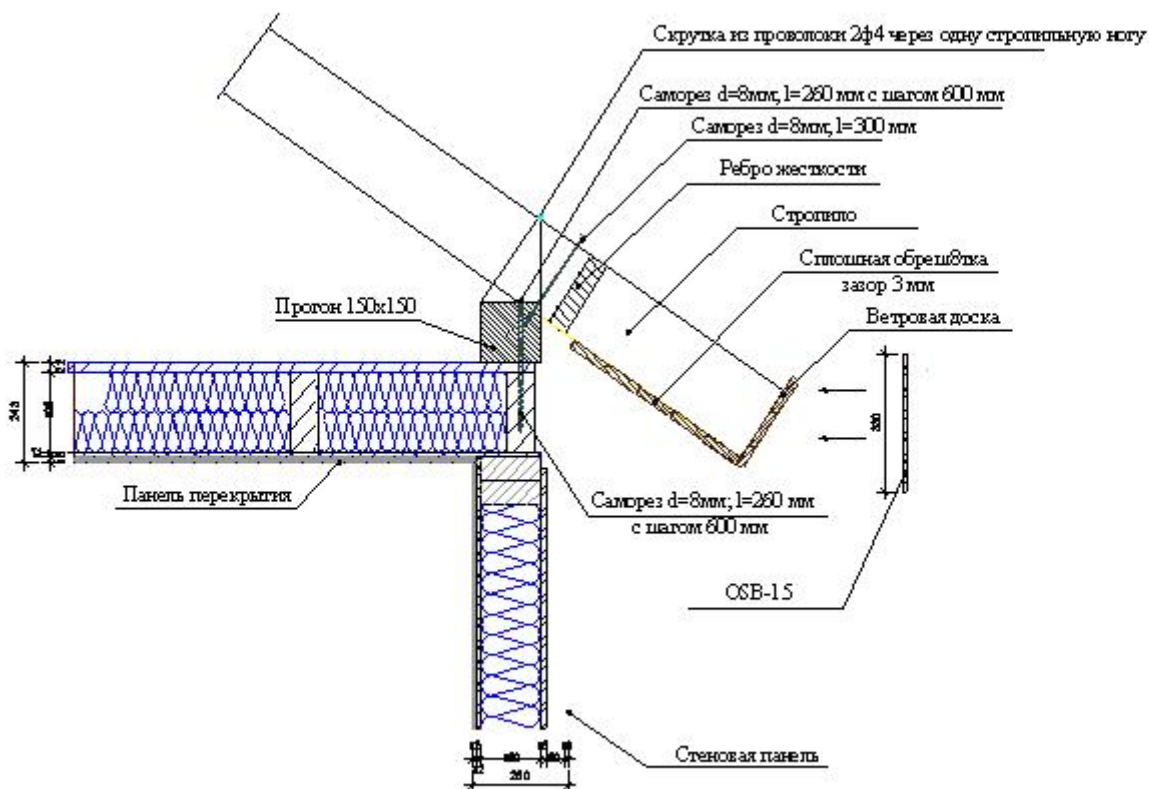


Рис. 7. Узел опирания кровельной панели на мауэрлат

Рассматривая крепления наружной стеновой панели и перекрытия на отметке 0.000, мы видим применение металлических вмонтированных в бетон креплений. Учитывая, что эксплуатация этого соединения находится в 3-м классе, металлическая конструкция должна быть выполнена из нержавеющей стали (рис. 1).

Очень важно учитывать, что надежность всей конструкции, практически связанной металлическими конструкциями и саморезами (рис. 3–7), необходимо обеспечить, как и защиту древесины от биологического разрушения, для чего необходимо производить антисептирование деревянных деталей стеновых панелей уже в заводских условиях.

Выводы

При разработке новых проектов домов каркасного типа следует производить прочностные и тепловые расчеты, в т.ч. прочностные расчеты несущих балок, стропильных систем и узловых соединений в соответствии с требованиями стандартов ЕС и Таможенного союза.

Для повышения надежности и долговечности деревянные конструкции должны быть защищены от биоразрушения и возгорания.

Библиографический список

1. Республика Беларусь. Законы. Об энергосбережении: ввод в действие с 15 июля 1998 г., № 190-з.
2. Леонович О.К. Конструктивные и химические методы биозащиты деревянных домов каркасного типа / О.К. Леонович // Архитектура и строительство. – № 1; Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2013. – С. 40–43.
3. Леонович О.К. Проблемы применения клееной многослойной древесины (КМД) при строительстве домов каркасного типа / О.К. Леонович, С.П. Судникович // Леса России и хозяйство в них. – № 4(47); Урал. гос. лесотех. ун-т. – Екатеринбург, 2013. – С. 70–74.

УДК 691-431

Е.И. Стенина, Д.В. Архипов, О.В. Черноскутова
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), sten_elena@mail.ru

ПОЛУЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ ИЗ ОТХОДОВ ДЕРЕВОПЕРЕРАБОТКИ

A CONSTRUCTION OF SAWDUST COMPOSITES

В статье приведены результаты исследований по изучению возможности получения искусственных матричных анизотропных композитов из мягких отходов деревопереработки на основе низкокзатратных технологий.

In the article the results of research into the possibility of obtaining artificial matrix of anisotropic composites from soft wood waste based on low-cost technologies.

Оптимизация использования образующихся древесных отходов является доминантой мирового развития деревоперерабатывающих производств. С этой целью разработан ряд технологий, в том числе получения различного рода композитов с измельченной древесиной. Однако и они предполагают дополнительную сортировку и специальную подготовку древесных частиц, что вновь приводит к образованию новых отходов. Поэтому большой интерес представляет изучение возможности получения

композита с наполнителем из необлагороженной стружки, образующейся, например, после окорки круглых лесоматериалов.

Задачей исследований являлось создание относительно легкого композиционно-го строительного материала с древесным наполнителем, отличающимся простой и однородной конструкцией и рецептурой, стабильной формой и размерами при высоких показателях прочности и теплосопротивления, сохраняющимися на протяжении длительного срока, а также предполагающего низкокзатратную технологию производства без удорожания строительно-монтажных работ.

Широко известны такие композиционные строительные блоки, как: опилкобетон, бризолит, арболит. В них сам материал и его конструкция создаются одновременно. Основными техническими достоинствами таких материалов являются экологичность, высокие прочность, шумоизоляция, огнестойкость при малой плотности и низкой цене по сравнению с другими строительными материалами.

Опилкобетонный блок – это строительный материал, получаемый из смеси 18,2 % вяжущего вещества (цемента не ниже марки М-400 по ГОСТу 10178-85), наполнителей – песка (54 %), древесных опилок (18,2 %), химических добавок (0,5 %) и воды (9,1 % от массы). Возможно применение опилок практически всех пород древесины, предпочтительно хвойных, прошедших 2-3-месячную выдержку.

Недостатком этого композита является использование сухих опилок, что, помимо повышения плотности блоков, существенно снижает их прочность и сужает возможную сырьевую базу, а также усложняет технологический процесс изготовления данного материала (табл. 1). Повышению плотности при одновременном снижении прочности и теплопроводности материала способствует значительное содержание песка, это также приводит к удорожанию монтажных работ и повышению требований к фундаментам.

Таблица 1
Основные характеристики композиционных строительных блоков

Композит	Показатели			
	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/м·К	Водопоглощение, %
Опилкобетон	Для М 35 более 2,2	1100	0,29	–
Арболит	Для М 35 более 2,2	600–750	0,12	До 85
Бризолит 1Р	3,3	705	0,138	–

Арболит — композиционный строительный материал, который изготавливают из смеси органических целлюлозосодержащих наполнителей растительного происхождения (дробленых отходов деревообработки, костры конопли, льна, сечек, стеблей хлопчатника, камыша и т.д.), минерального вяжущего (обычно портландцемента), химических добавок и воды (32,6 : 42,9 : 1,2 : 23,3 % от массы соответственно). Размеры древесных частиц влажностью не более 22 % не должны превышать по длине 40, по ширине 10, а по толщине 5 мм (рис. 1). В соответствии с ГОСТом 19222-84 содержание примесей коры в измельченной древесине не должно быть более 10 %, а хвои и листьев – не более 5 % по массе сухой смеси.



Рис. 1. Арболит

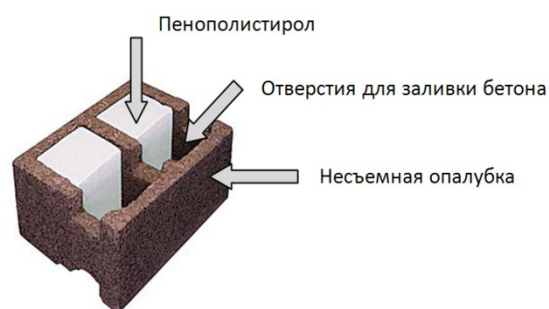


Рис. 2. Бризолит

К недостаткам арболита следует отнести отсутствие химических добавок, что влечет необходимость увеличения содержания портландцемента до 42,9 %, способствуя удорожанию блоков и значительному их короблению и усадке.

Бризолит представляет собой несъемную опалубку, конструкция которой предусматривает заливку раствором бетона внутренней полости блока с целью создания монолитного каркаса здания (рис. 2). Состоит из следующих ингредиентов: 75 % древесной шерсти хвойных пород длиной 2–4 см, 15 % цемента, 5 % минеральных гидрофобизирующих добавок и 5 % воды.

Недостатками бризолита являются необходимость владения специальными технологиями монтажа и высокая стоимость строительства.

Важнейшие конструкционные показатели цементно-стружечного композита будут определяться химическими реакциями, протекающими в матрице из портландцемента, физическими характеристиками древесного заполнителя и режимами формирования блока. Портландцемент является самой дорогой составляющей композита, поэтому с целью удешевления блока возможно добавлять незначительное количество песка.

После окорки и оцилиндровки круглых лесоматериалов получают сырую стружку, как правило, хвойных пород с нелимитированным содержанием коры и значительными размерами частиц (до 30 % длиной более 5 см) (рис. 3, 4).



Рис. 3. Отходы от оцилиндровки лесоматериалов

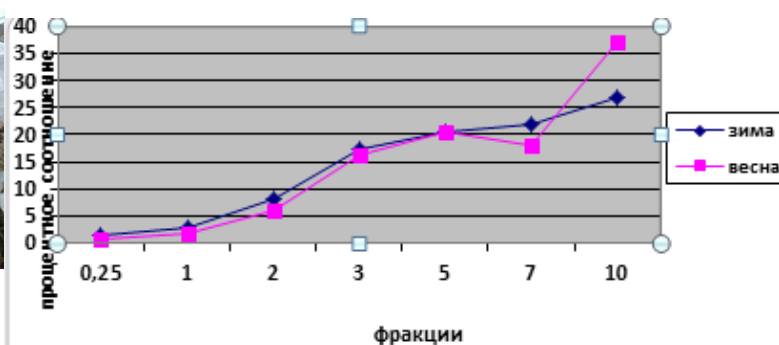


Рис. 4. Фракционный состав отходов от оцилиндровки

Для лучшей смачиваемости заполнителя необходимо применение силиката кремния. Данная добавка также является гидрофобизатором, который препятствует набуханию древесины при последующем увлажнении блока и способствует лучшему схватыванию портландцемента и упрочнению блока. Содержание добавки должно быть менее 5 %, т.к. большее ее количество провоцирует деструкцию цемента при последующей эксплуатации. Цемент может содержать до 3 % данного вещества, поэтому

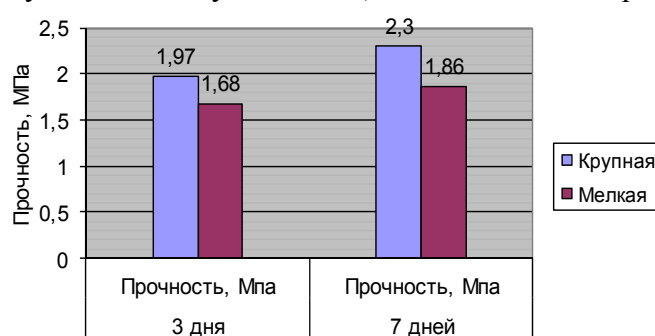


Рис. 5. Динамика прочности на сжатие для блоков из разноразмерной стружки

суммарное содержание его в блоке должно быть незначительно.

Повышение доли наполнителя до 40–50 % будет способствовать облегчению блока, обеспечению высокой прочности, пористости, а значит, хорошему теплосопротивлению. Крупная стружка (до 30 %), работающая как упругий армирующий элемент, и значительная доля коры еще повысит прочность и пористость композита (рис. 5).

Высокая влажность стружки обеспечит ее хорошую смачиваемость, а значит, большую однородность композита. Благодаря этому возможно значительно снизить долю воды при формировании цементно-стружечной смеси.

Выдержка стружки перед прессованием в течение не менее 2-х месяцев способствует гидратации сахаров древесины и сохранению высокой прочности блока на протяжении длительного периода.

Определяющим критерием при отнесении строительных цементно-стружечных блоков к категории теплоизоляционных или конструкционных является их плотность. Применение в качестве заполнителя большой доли достаточно крупной стружки провоцирует риск снижения плотности материала, поэтому целесообразно введение в состав композита в качестве уплотнителя песка. Как показали эксперименты, добавка песка не целесообразна (табл. 2).

Таблица 2

Сводная таблица результатов эксперимента

Рецепт	Показатели блока		
	Влажность после 3-х дней, %	Прочность на сжатие, МПа	Плотность, кг/м ³
1 (без песка)	34,3	3,06	820,32
2 (с добавлением песка)	39,8	3,39	820,33

Применяемые способы формирования композиционных блоков играют существенную роль в обеспечении заданных физико-технических показателей.

Наиболее технологичным является способ вибропрессования. В экспериментах цементно-стружечные блоки формировались с применением статической, циклической и импульсной нагрузок (рис. 6, 7). После технологической выдержки блоки распиливались на образцы размерами 100×100×100 мм, для которых определялись плотность, прочность на сжатие по ГОСТу 22783-77 и влажность весовым методом.



Рис. 6. Форт-блок

Эксперименты показали, что:

1) импульсные нагрузки обеспечивают большую плотность блоков (755,6 кг/м³), чем статическая и циклическая нагрузки (687,1 и 638 кг/м³), превышающие регламентированные значения для конструкционных блоков (600 кг/м³) [1]; по истечении 28-дневной выдержки плотность не соответствует норме у блоков, созданных циклическими нагрузками (рис. 8);

2) вариация плотности по сечению блока незначительна и составляет не более 5 % (рис. 9, табл. 3);

3) плотность блоков в верхней части несколько выше при применении импульсных и статических нагрузок, чем в нижней части, что вызвано использованием песка из отсевов дробления в качестве уплотнителя, который не успевает просесть вниз при этих режимах (рис. 9, табл. 3);

4) в верхней части всех блоков плотность несколько выше во внешних секциях, чем во внутренних (вариация –

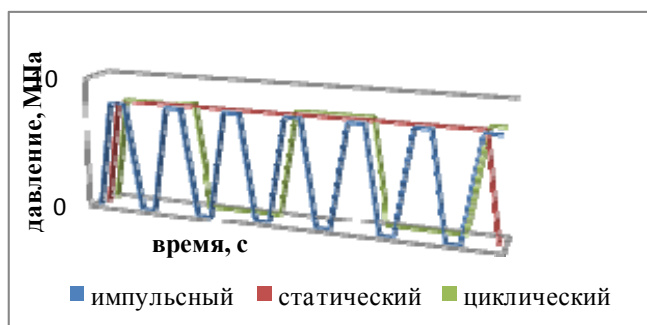


Рис. 7. Графики режимов прессования

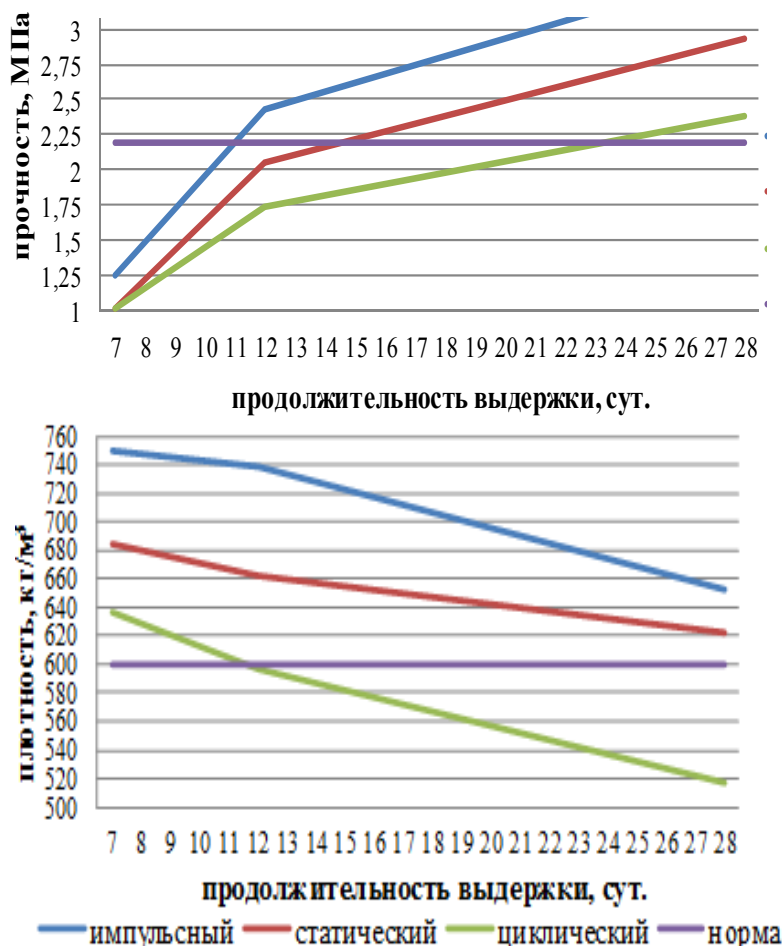


Рис. 8. Динамика основных показателей блоков, сформированных разными видами нагрузок

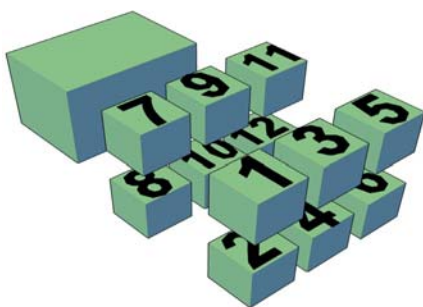


Рис. 9. Схема отбора образцов из блоков

4,6 %), что является крайне привлекательным при восприятии блоками конструкционных нагрузок, а в нижней части блоков обратная тенденция из-за просевшего песка;

5) блоки, созданные по импульсному режиму пресования, имеют более высокие значения прочности на сжатие, чем образцы, созданные другими режимами, и набирают ее регламентированные значения через 10 суток, т.е. в 1,5 раза быстрее (рис. 8);

6) во всех режимах через 7 дней после формирования блоки достигают влажности $20 \pm 2\%$, что ниже регламентируемых 25% [2]. Таким образом, применение импульсных нагрузок при формировании цементно-стружечных строительных блоков предпочтительно.

Полученному композиту был присвоен товарный знак «Форт-блок» и проведены соответствующие испытания (табл. 4), на основании которых можно сделать следующие выводы:

1) по истечению 28 дней со дня формирования блоков их влажность составляет

12,1 %, что более чем в 2 раза ниже верхней допустимой границы ($\leq 25\%$), регламентированной ГОСТом 19222-84, что свидетельствует о хорошем просыхании блоков и окончании в основном химических процессов, обуславливающих набор прочности;

2) плотность блоков составляет 733 кг/м^3 и соответствует требованиям к конструкционным блокам марок М35 класса В2,5 и М50 класса В3,5 по ГОСТу 19222-84;

Таблица 3

Распределение физико-механических показателей блоков,
созданных при различных видах нагрузок

Точки блока	Импульсный режим		Статический режим		Циклический режим		
	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	
Вверх блока	1	773,5	1,277	696	1,252	644,7	1,032
	3	762,8	1,248	689,3	1,239	631,2	1,007
	5	774	1,296	700,2	1,288	648,6	1,039
	7	752,2	1,247	676,8	1,227	630,4	1,011
	9	734,3	1,217	677,4	1,183	624,6	0,962
	11	747,2	1,290	683,8	1,220	641,6	1,013
Среднее значение	757,3	1,262	687,3	1,235	636,8	1,011	
Низ блока	2	755,8	1,245	696,5	1,256	648,2	1,045
	4	768,25	1,262	693,2	1,232	633,8	1,009
	6	764,8	1,322	686,6	1,288	648,3	1,044
	8	736,8	1,269	676,4	1,253	643,8	1,014
	10	749,4	1,221	682,2	1,165	625,3	0,961
	12	748,5	1,288	686,5	1,203	635,8	1,010
Среднее значение	753,9	1,268	686,9	1,233	639,2	1,014	
Общее среднее	755,6	1,265	687,1	1,234	638,0	1,012	

Таблица 4

Результаты испытаний Форт-блоков

Наименование показателя	Фактическое значение	Нормативные значения по ГОСТу 19222-84	Заключение о соответствии
Влажность блока, %	12,1	≤ 25	Соответствует
Плотность, кг/м ³	733	600–750 700–850	Соответствует марке М35 класса В2,5; марке М50 класса В3,5
Теплопроводность при температуре 20 ± 5°С	0,112	≤ 0,12	Соответствует марке М35 класса В2,5; марке М50 класса В3,5
Прочность на сжатие, МПа	8,15	≥ 2,2 ≥ 3,2	Соответствует марке М35 класса В2,5; марке М50 класса В3,5
Коэффициент вариации прочности	12,3	< 20	Соответствует

3) водопоглощение блоков составляет 45,2 % (данный показатель нормативной документацией не регламентируется);

4) прочность на сжатие составляет 8,15 МПа, что в 2,5 раза выше регламентированных значений для наиболее прочных конструктивных блоков марки М50 класса В3,5 по ГОСТу 19222-84;

5) коэффициент вариации прочности составляет 12,3 % и соответствует ГОСТу 18105-2010 (< 20 %) и ГОСТ 19222-84 для изделий и конструкций высшей категории качества (< 15 %), что свидетельствует об однородности блоков;

6) теплопроводность ниже, чем у известных цементно-стружечных строительных композитов.

Таким образом, получен конструкционный строительный материал из сырых мягких отходов, отличающийся простой и однородной конструкцией и рецептурой, предполагающей низкочатратную технологию производства без удорожания строительно-монтажных работ, и сочетающий в себе умеренную плотность, хорошее термосопротивление и беспрецедентную прочность.

Библиографический список

1. ГОСТ 19222-84. Арболит и изделия из него. Общие технические условия. – Введ. 1984–01–01. – 19 с.

2. ГОСТ 22783-77. Бетоны. Метод ускоренного определения прочности на сжатие. – Введ. 1978–07–01. – 25 с.

УДК 691-431

Е.И. Стенина, И.В. Нижников

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), sten_elena@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ БЛОКОВ СЛОИСТОЙ КОНСТРУКЦИИ

THE PROSPECT OF CREATING THE BUILDING BLOCKS OF LAYERED STRUCTURES

В статье приведены результаты исследований по изучению основных физико-технических показателей и их динамики для слоистых строительных цементно-стружечных блоков.

In the article the results of research into the basic physical and technical indicators and their dynamics for sandwich construction cement blocks.

Как показывает мировой опыт, повышенную прочность композита можно обеспечить за счет использования крупноразмерного заполнителя и его плоскостной ориентации в слое как, например, в плитах OSB [1]. Кроме того, это один из вариантов применения крупноразмерной стружки, образующейся, в том числе, при оцилиндровке лесоматериалов.

Особенности конструкции материала могут либо затруднить, либо интенсифицировать протекание физико-химических процессов. Поэтому целями исследований являлись получение строительного блока с заполнителем из древесной стружки и матрицы из портландцемента, в котором наружные слои сформированы из крупной стружки, а внутренние – из мелкой (фракции менее 3/2), а также изучение динамики основных показателей слоистого композита (рис. 1). Для реализации поставленной задачи были импульсным режимом сформированы блоки слоистой конструкции и испытаны в соответствии с ГОСТом 22783-77 [2].



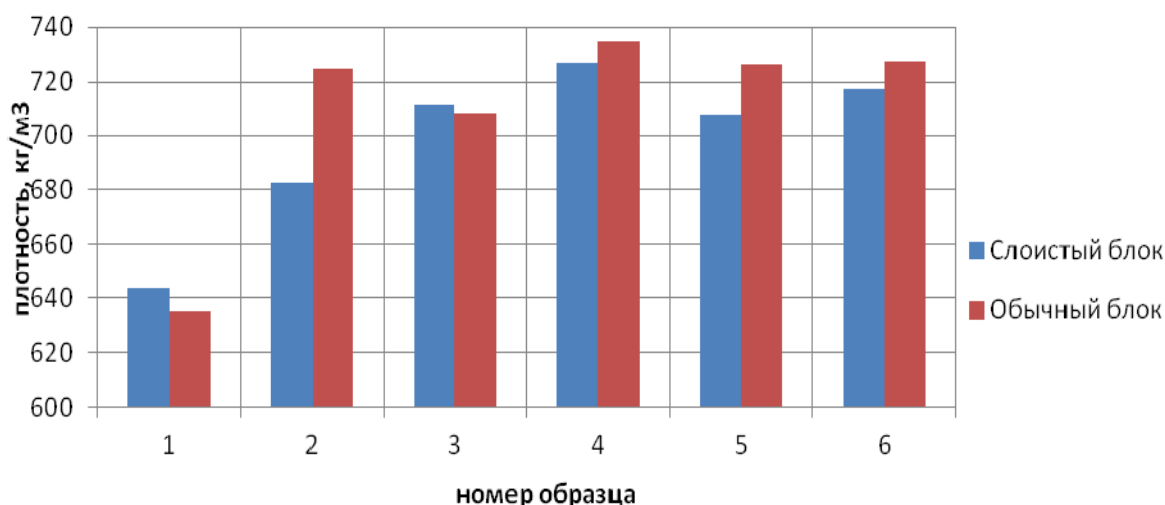
Рис. 1. Древесный наполнитель и конструкция слоистых блоков

Для изучения вариации плотности и прочности на сжатие по сечению блока, а также особенностей его просыхания блоки по истечении 7 суток были распилены на образцы размерами 100×100×200 мм по схеме, приведенной на рисунке 2.

Анализ результатов экспериментов показал, что минимальное значение плотности составило 643,5 кг/м³, что соответствует регламентированным значениям для конструкционных блоков (≥ 600 кг/м³) [3]; колебания плотности по сечению слоистого блока составляют 1,35–5,7 %, а для обычного – 0,17–12,3 %. Вероятно крупная стружка не дала осесть песку и портландцементу вниз блока.

Слоистая структура блока способствует более быстрому его просыханию (влажность сечения у обычного блока варьируется от 32,5 до 44,5 %, а у слоистого блока – от 26,8 до 31,43 %).

Максимальная прочность на сжатие наблюдается в середине слоистого блока (4,26 МПа), что почти в 2 раза превышает регламентируемые ГОСТом 22783-77 значения (2,2 МПа). С краю блока прочность выше нормы 10,3 %, где просыхание идет активной и химические реакции твердения портландцемента замедляются раньше. Для сравнения: прочность по сечению обычного блока изменяется от 2,64 до 3,82 МПа, а у слоистого – 3,17–4,26 МПа, хотя просыхает он быстрее и портландцемент не успел набрать оптимальную прочность. Этот показатель распределяется более равномерно по сечению слоистого блока: его колебания по сечению у слоистого блока составляют 25,6 %, а у обычного – 30,9 % (норма – 20 %) [3]. Нестабильность прочности по периферии блока обусловлена главным образом условиями просыхания, а также «непромесом» смеси.



a

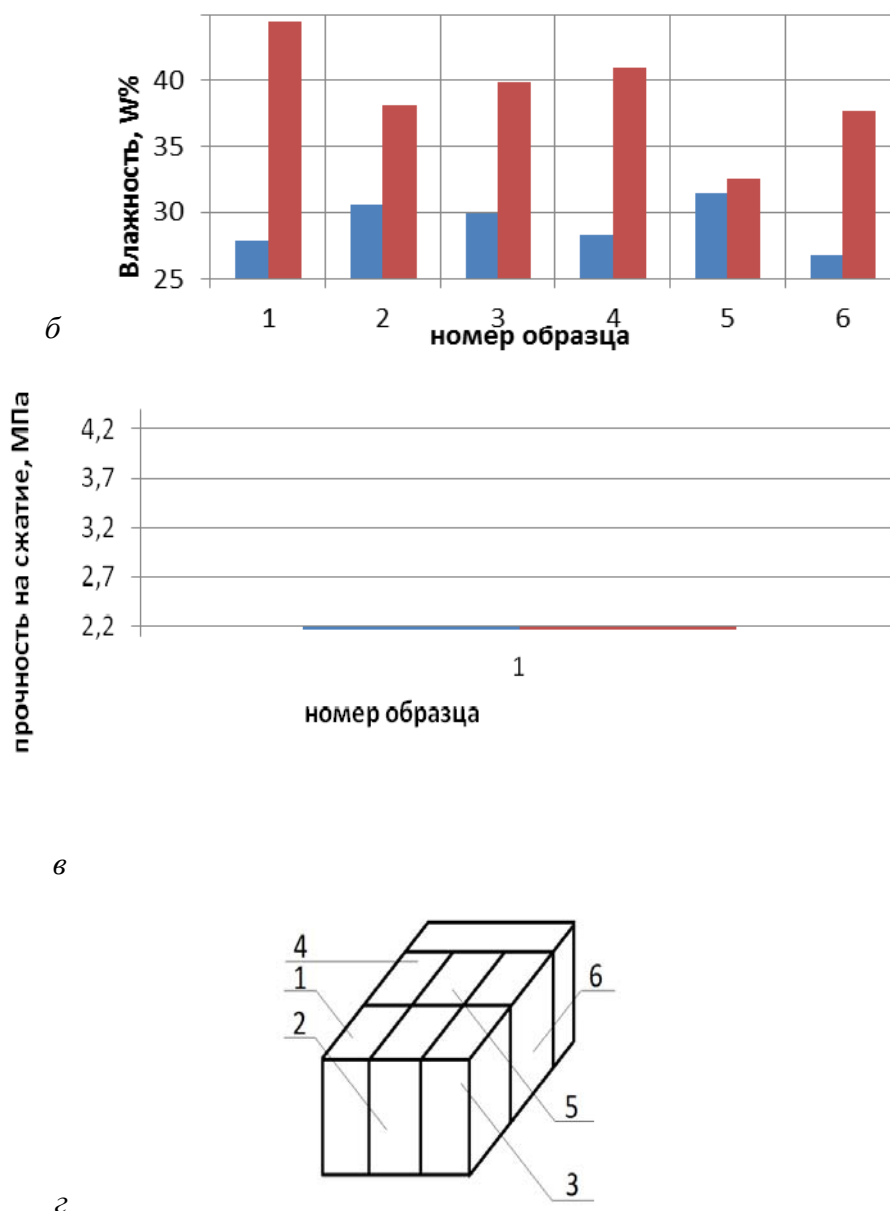


Рис. 2. Диаграммы распределения основных показателей по сечению блоков

С учетом проведенных необходимых технологических и экономических расчетов можно сделать вывод, что удорожание процесса производства цементно-стружечных слоистых блоков составит не более 30 %, а слоистая конструкция строительного блока в целом крайне привлекательна.

Библиографический список

1. Стенина Е.И. Защита древесины и деревянных конструкций / Е.И. Стенина, Ю.Б. Левинский. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2007. – 219 с.
2. ГОСТ 22783-77. Бетоны. Метод ускоренного определения прочности на сжатие. – Введ. 1978–07–01. – 25 с.
3. ГОСТ 19222-84. Арболит и изделия из него. Общие технические условия. – Введ. 1984–01–01. – 19 с.

УДК 691-431

Е.И. Стенина, К.Д. Семуха
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), sten_elena@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЯГКИХ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ВЫСОКОЙ ВЛАЖНОСТИ

PROSPECTS OF USING SOFT WASTE WOOD OF HIGH HUMIDITY

Технологии изготовления известных цементно-стружечных композитов предполагают применение различных целлюлозных заполнителей только низкой влажности. В статье на основании результатов исследований показана возможность и целесообразность применения для этих целей сырых отходов.

Technology of cement composites known to imply the use of different cellulose placeholders only low humidity. In an article based on the results of the research show the feasibility of the raw waste.

Основной тренд развития современных технологий – разработка и применение различного рода композитов – дает возможность получать материалы с прогнозируемыми и стабильными свойствами, формой и размерами. Снижение себестоимости таких материалов обеспечивается, в том числе, за счет применения различных отходов. Данное обстоятельство крайне привлекательно для деревоперерабатывающих предприятий, высокая концентрация которых отмечается в Уральском регионе.

В настоящее время в строительной отрасли, где наблюдается бум малоэтажного домостроения, также ставка делается на композиты, представляющие собой многофазные системы, состоящие из двух или более мономатериалов с различными свойствами. Один из мономатериалов, обладающий непрерывностью по всему объему, является матрицей (например, металлы и их сплавы, керамика, неорганические и органические связующие). Другой компонент прерывный, разделенный в объеме композиции (как правило, тонкодисперсные, порошкообразные частицы или волокнистые материалы различной природы), выполняет роль армирующего заполнителя. От соотношения и размеров матричного компонента и заполнителя зависят не только пористость и механические свойства композита, но и особенности и интенсивность влагопереноса.

Для получения большинства известных искусственных матричных анизотропных строительных цементно-стружечных композитов применяется измельченная древесина влажностью до 30 % [1]. Так для получения опилкобетона допускаются опилки влажностью 12–15 %, арболита – до 22 %. Значительный практический интерес представляют исследования по изучению возможности использования сырых мягких отходов деревопереработки в производстве строительных композитов.

Однако влажность древесных отходов, получаемых от окорки и оцилиндровки круглых лесоматериалов, непостоянна, так как напрямую зависит от влажности обрабатываемого древесного сырья. Например, в зимний период она находится в пределах 100–120 %, а в летний период может быть на 25–50 % меньше. Поэтому целью исследовательской работы являлось изучение влияния влажности стружки на распределение по сечению блока и динамику во времени основных физико-механических показателей цементно-стружечного композита.

Для достижения данной цели был проведен ряд экспериментов, в ходе которых влажность материалов определялась весовым методом, а прочность на сжатие – по методике ГОСТа 22783-77 [2]. Блоки формировались импульсным режимом вибропрессования из смеси портландцемента, стружки, песка, силиката кремния и воды. Анализ результатов экспериментов показал следующее:

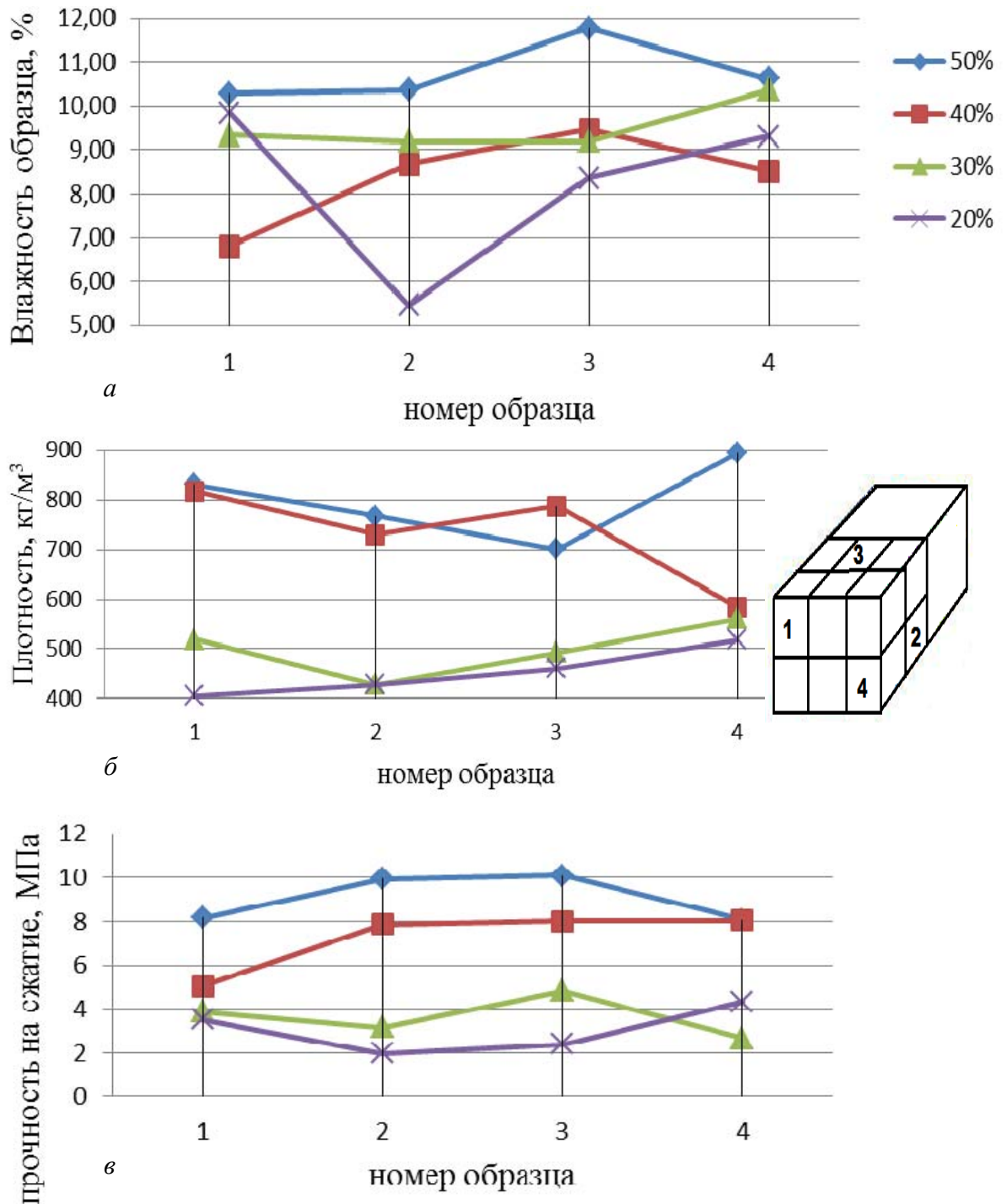


Рис. 1. Распределение основных показателей по сечениям блоков с различной начальной влажностью стружки после 28 суток выдержки

1) при влажности стружки меньше 30 % хуже происходит смачивание и распределение цементной смеси, что проявляется в значительных колебаниях влажности по сечению блока и низких значениях его плотности и прочности, причем в середине блока – наихудшие показатели, т.к. влага, вероятно, сорбируется стенками древесных клеток, и ее количества недостаточно для схватывания портландцемента (рис. 1);

2) с краю блока из стружки влажностью 20 % основные показатели выше за счет диффузии влаги воздуха;

3) физико-технические показатели блоков с влажностью стружки 30 % более стабильные, но невысокие;

4) наблюдается прямая зависимость между начальной влажностью стружки и конечными значениями плотности и прочности блоков;

5) при влажности стружки выше предела насыщения наблюдается обратная тенденция в распределении показателей по сечению блока: в середине выше, чем с краю;

6) средняя плотность блоков из стружки, с влажностью 50 % – 798 кг/м³, 40 % – 729 кг/м³, что соответствует регламентируемым значениям для конструкционных блоков, при влажности 30 % – 500 кг/м³ – для тепло-конструкционных блоков, а при влажности 20 % – 453 кг/м³ – только для теплоизоляционных;

7) оптимальная влажность заполнителя более 40 %, тогда блоки легче формируются, быстрее схватываются и обладают более правильной геометрией;

8) начальная влажность стружки незначительно влияет на процесс высыхания блока: после 28 дней разброс влажности составляет 2,5 % (из стружки влажностью 20 % – 8,23 %, а 50 % – 10,76 %) (рис. 1);

9) прочность на сжатие блоков из стружки влажностью более 30 % в 2 раза выше (50 % – 9,07 МПа, 40 % – 7,2 МПа), чем у блоков из стружки влажностью до 30 % (30 % – 3,51 МПа, 20 % – 3,05 МПа) и почти в 4 раза выше регламентируемой (2,2 МПа);

10) по истечении 12 суток уже достигается транспортная влажность блока (25 %) и ее разброс по сечению незначителен (рис. 2);

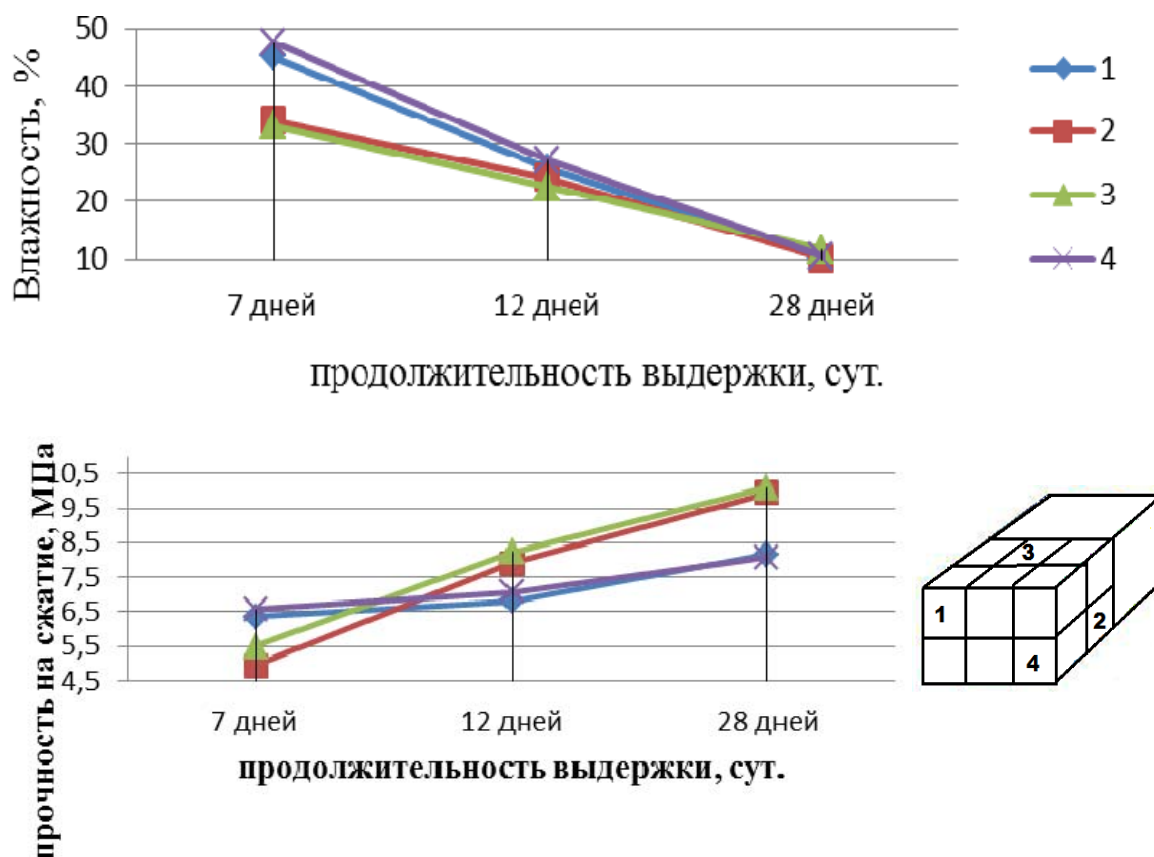


Рис. 2. Динамика основных показателей во времени и по сечению блока из стружки влажностью 50 %

11) через 20 суток происходит выравнивание влажности по сечению блоков и достигаются регламентируемые 20 %;

12) через 7 суток по краям блока, где испаряющих поверхностей больше, прочность и влажность выше, чем в середине, однако впоследствии скорость увеличения прочности ниже, чем в середине;

13) чем активней проходит испарение влаги с поверхности цементно-стружечного композита, тем медленней протекает наращивание его прочности.

Таким образом, можно сделать вывод о возможности формирования цементно-стружечных композитов из сырой стружки. Причем чем влажность древесного наполнителя выше предела насыщения, тем активней идут процессы «схватывания» цементной матрицы, которые определяются содержанием влаги, и выше прочность материала. Варьируя начальную влажность стружки, можно получать строительные блоки различного назначения. Процесс просыхания блоков с наполнителем высокой влажности протекает без особенностей.

Библиографический список

1. ГОСТ 19222-84. Арболит и изделия из него. Общие технические условия. – Введ. 1984-01-01. – 19 с.
2. ГОСТ 22783-77. Бетоны. Метод ускоренного определения прочности на сжатие. – Введ. 1978-07-01. – 25.

**Прогрессивное деревообрабатывающее
оборудование и инструмент**

Progressive woodworking equipment and tool

УДК 674

А.Ф. Аникеенко, А.Ю. Тишевич
(БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь), dosy@belstu.by

**ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ СБОРНЫХ ВИНТОВЫХ СВЕРЛ
ДЛЯ СКВОЗНОГО СВЕРЛЕНИЯ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**FEATURES DESIGN PREFABRICATED SPIRAL DRILLS
OR DRILLING THROUGH SHEET MATERIALS**

Статья описывает особенности новых конструкций сборных винтовых сверл для сквозного сверления плитных материалов. Проведен детальный анализ рекомендуемых режимов сверления ламинированных древесно-стружечных плит. Выделены недостатки и полное отсутствие теоретических основ рассмотренных режимов. Приведена структура современной ламинированной древесно-стружечной плиты. Выделены основные слои и описаны их свойства с точки зрения обработки сверлением. Выделены пять основных этапов обработки и рассмотрены их особенности. Описаны дефекты, возникающие при сверлении ламинированной древесно-стружечной плиты как на входе в заготовку, так и на выходе. Приведено описание лабораторной установки для проведения исследований по сверлению ламинированной древесно-стружечной плиты на базе станка Rover b. 4.35. Указаны условия проведения эксперимента. Представлена схема работы лабораторной установки. Предложены режимы, позволяющие избежать появления дефектов на поверхности ламинированной древесно-стружечной плиты при сверлении. Обоснована необходимость в проектировании сборных сверл особой конструкции. Предложена новая конструкция сборных винтовых сверл, позволяющая механическим путем изменять скорость подачи при сверлении, тем самым предотвращать появление дефектов на поверхности ламинированной древесно-стружечной плиты. Предложены возможные способы использования сборных винтовых сверл.

This article describes the features of new structure prefab spiral drill bits for drilling through materials. Detailed analysis of the recommended modes of drilling of laminated chipboard. Highlighted flaws and a complete lack of theoretical bases of the considered modes. The structure of modern laminated chipboard. The main layers and their properties are described from the point of view of processing drilling. Identified five main stages of processing and their features are considered. Described defects encountered when drilling laminated chipboard as input into the workpiece, and on exit from it. The description of the laboratory setup for conducting research on drilling of laminated chipboard for the base of the machine Rover b. 4.35. Details of the conditions of the experiment. Presents the scheme of the laboratory setup. The proposed modes of avoiding the occurrence of defects on the surface of the laminated wood-shaving plate when drilling. The necessity in the design of modular drills special design. The new design prefabricated spiral drills, allowing mechanical means to change the feed rate during drilling, thereby to prevent occurrence of defects on the surface of laminated chipboard. The possible ways of using prefabricated spiral drills.

Анализируя различные литературные источники, а также рекомендации производителей дереворежущего инструмента, можно сделать вывод, что конкретных теоретически обоснованных рекомендаций по технологическим режимам сверления ламинированных древесностружечных плит нет.

Практически во всех источниках указывают только частоту вращения сверла, опуская второй не менее важный технологический параметр — скорость подачи. Производители инструмента рекомендуют режимы в довольно широких диапазонах для каждой конкретной конструкции сверла без учета материала обработки, что в корне является не верным. Более того, они чаще руководствуются критерием сохранения работоспособности сверл, упуская такие критерии, как качество обработанной поверхности и производительность. За редким исключением учитывают энергетическую составляющую при выдаче рекомендаций.

В современной ламинированной древесностружечной плите (рис. 1) можно выделить три основных слоя: ламинат (декоративное покрытие), покрывающий поверхность плиты, некоторое количество связующего и непосредственно сама плита.

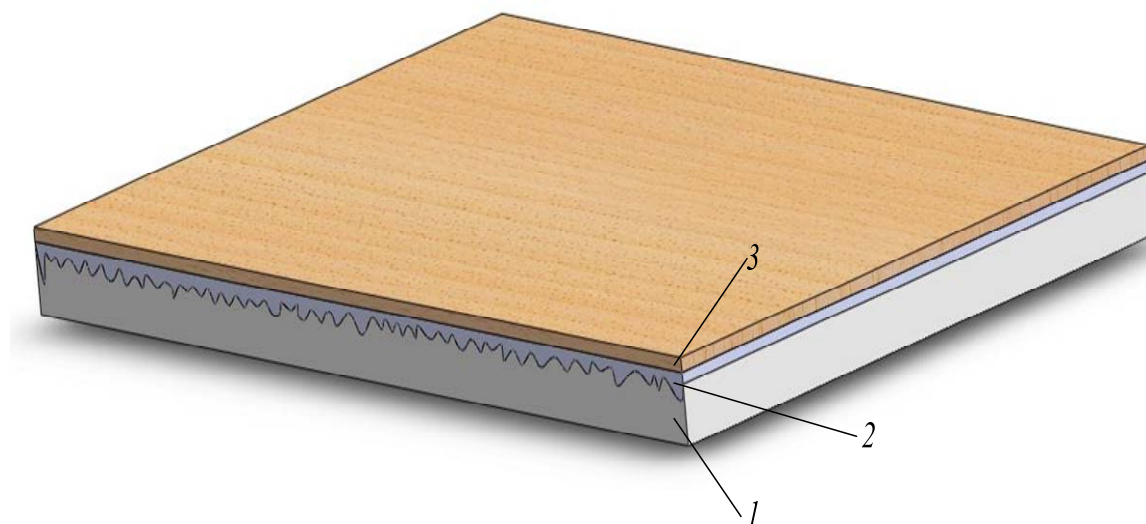


Рис. 1. Структура плиты: 1 – плита ДСтП; 2 – связующее; 3 – ламинат

В связи с тем что все три слоя отличаются физико-механическими свойствами, возникает необходимость использовать технологические режимы, удовлетворяющие качественной обработке всех трех слоев. Наиболее сложно выбрать технологические режимы для обработки хрупкого и очень твердого ламината. Неправильно выбранный режим обработки приводит к появлению сколов (рис. 2), что недопустимо. Логично использовать небольшую скорость подачи и большую скорость вращения сверла, чтобы исключить появление таких дефектов. Такой подход позволяет избавиться от брака, но крайне негативно сказывается, во-первых, на производительности, во-вторых, на периоде стойкости инструмента и, в-третьих, на энергопотреблении.

Следующим этапом обработки является слой связующего, но он настолько мал, что им можно пренебречь, после него нужно обрабатывать саму плиту, которая имеет градиент плотности по толщине (более плотные слои у поверхности плиты и менее плотные в середине). В отличие от ламината этот слой более рыхлый и менее твердый, и для его обработки логично было бы выбрать технологические режимы с высокой скоростью подачи, чтобы обеспечить наибольшую производительность.



Рис. 2. Дефект обработки сверлением

И если материал ламинирован с двух сторон, а нужно получить сквозное отверстие, то опять возникает необходимость учитывать хрупкость материала на выходе сверла. В итоге процесс сверления ЛДСтП можно разделить на несколько этапов (рис. 3).

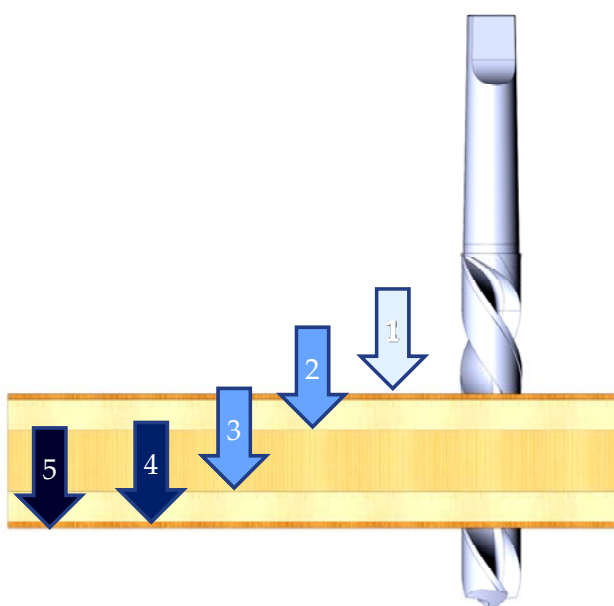


Рис. 3. Этапы сверления ЛДСтП

Исходя из всего вышесказанного, логично было бы изменять технологические режимы на каждом этапе обработки (рис. 4), тогда можно было бы добиться и высокого качества продукции без брака, и высокой производительности.

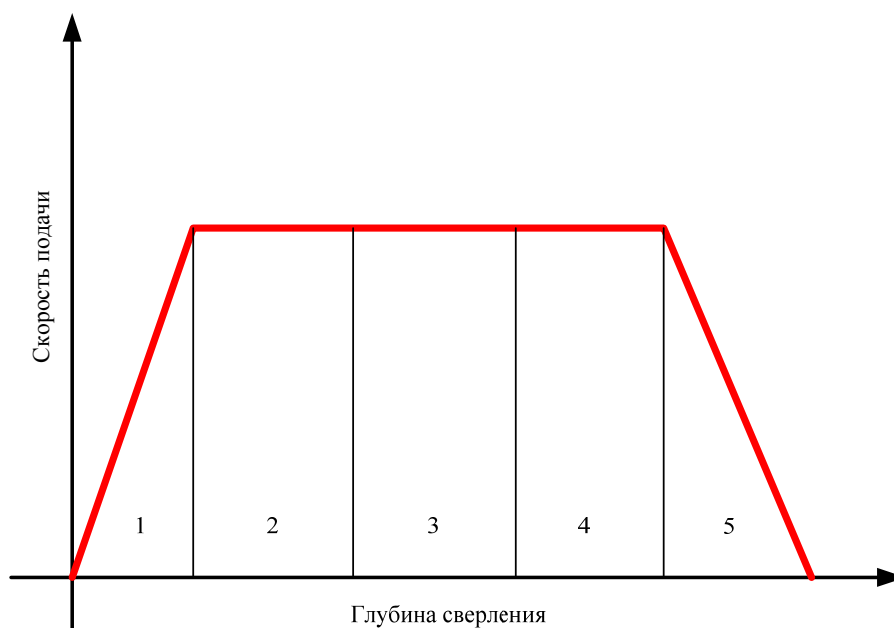


Рис. 4. График изменения скорости подачи в зависимости от этапов обработки

Для подтверждения эффективности данной методики были проведены лабораторные испытания. В качестве лабораторной установки использовали многооперационную машину с числовым программным управлением (ЧПУ) Rover b 4.35. Возможности машины позволяют программно изменять технологические режимы обработки в реальном режиме времени и измерять потребляемую мощность.

Результаты лабораторных исследований полностью подтвердили гипотезу эффективности метода динамического изменения технологических режимов.

К большому сожалению, у большинства многошпиндельных сверлильных станков, используемых на деревообрабатывающих предприятиях, нет возможности изменять технологические режимы динамически непосредственно в процессе сверления, что делает невозможным использование такого подхода.

В случае использования обрабатывающих центров с числовым программным управлением (ЧПУ) оператор в состоянии принудительно динамически изменить режимы в процессе работы, но это превращает полностью автоматизированный процесс обработки на машинах с ЧПУ в подобие ручной обработки. Так как процесс зачастую происходит на значительном удалении от оператора, то в рамках серийного производства осуществить такого рода принудительное изменение технологических режимов практически не возможно. Логичным выходом из ситуации было бы изменение управляющей программы, но, к сожалению, не все модели станков с ЧПУ позволяют изменять эти параметры поставляемым программным обеспечением.

Выходом в данной ситуации может быть создание инструмента, позволяющего вне зависимости от технических возможностей оборудования, на котором происходит обработка, менять технологические режимы динамически.

Авторами была предложена конструкция такого инструмента (рис. 5, 6).

Сверло представляет собой сборную конструкцию, состоящую из режущей части (которая может быть любой конструкции, с подрезателями и без них) и соединенную с хвостовиком через упругий элемент, и из еще одного упругого элемента, установленного поверх режущей части. На торце внешнего упругого элемента находится защитная шайба, которая предохраняет ламинат от возможного повреждения.

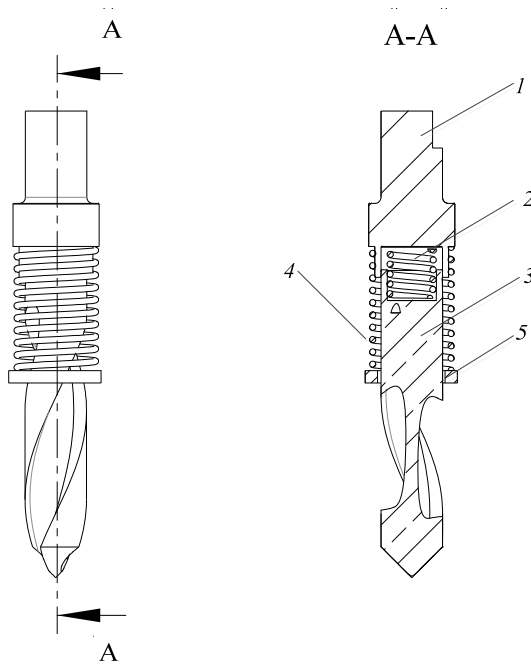


Рис. 5. Сверло сборное для сверления ЛДСтП:
 1 – хвостовик, 2 – внутренний упругий элемент, 3 – режущая часть, 4 – внешний упругий элемент, 5 – предохранительный элемент (шайба)

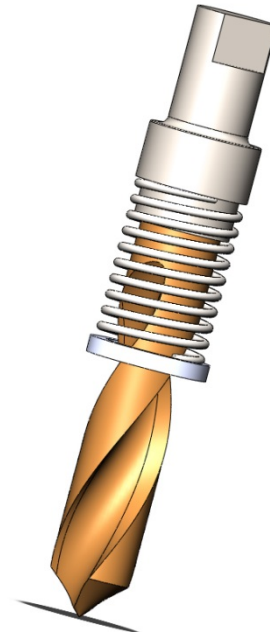


Рис. 6. Сверло сборное для сверления ЛДСтП

Внутренний упругий элемент в момент соприкосновения режущей части сверла с обрабатываемым материалом сжимается и тем самым уменьшает скорость подачи. Расчет данного упругого элемента сводится к условию, что сила упругости пружины должна быть больше силы сопротивления подаче $F_{упр} \geq F_o$ (рис. 7).

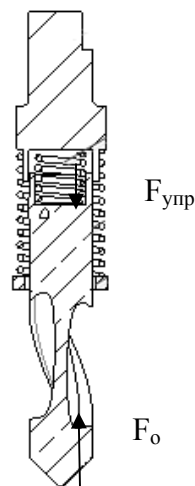


Рис. 7. Расстановка сил

Далее сверло работает как обычное, т.к. упругий элемент сжат. Внешний упругий элемент работает в момент, когда процесс завершается, т.е. когда сверло выходит из обрабатываемого материала при сверлении насквозь. Внешний элемент опирается на поверхность заготовки, что также обеспечивает снижение скорости подачи.

Для определения параметров пружины, необходимо рассчитать ее жесткость. Ввиду упрощения расчётов составим дифференциальное уравнение второго порядка. Для этого запишем второй закон Ньютона (рис. 8).

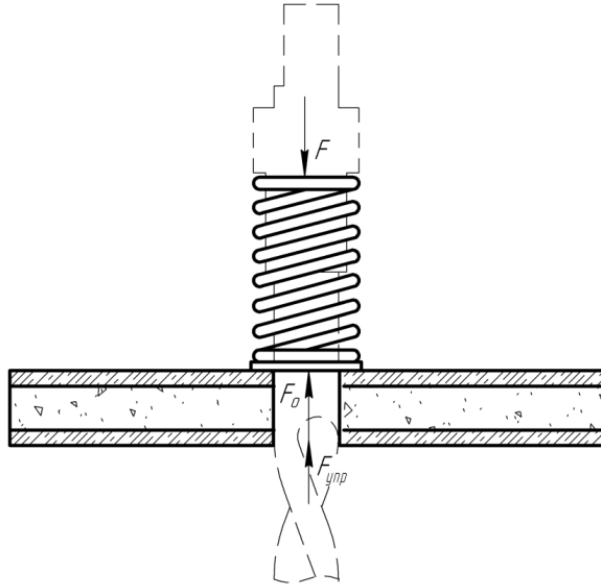


Рис. 8. Расстановка сил

$$F - F_{\text{упр}} - F_o = ma . \quad (1)$$

Так как $F_{\text{упр}} = cx$, где c – коэффициент жесткости упругого элемента, Н/м; x – деформация упругого элемента, м; а ускорение a есть вторая производная от пути, то получим следующее дифференциальное уравнение:

$$F - cx - F_o = m\ddot{x} . \quad (2)$$

Решим данное общее уравнение:

$$m\ddot{x} + cx = F - F_o , \quad (3)$$

$$\ddot{x} + \frac{c}{m}x = \frac{F - F_o}{m} . \quad (4)$$

Решение данного дифференциального уравнения в общем виде:

$$z^2 + \frac{c}{m} = 0 , \quad (5)$$

$$z_{1,2} = \pm \sqrt{\frac{c}{m}}i . \quad (6)$$

Частное решение данного уравнения ищем в виде:

$$x_1 = C_1 \cos\left(\frac{c}{m}t\right), \quad (7)$$

$$x_2 = C_2 \sin\left(\frac{c}{m}t\right). \quad (8)$$

Тогда решение примет вид:

$$x = \frac{F - F_0}{c} + C_1 \cos\left(\sqrt{\frac{c}{m}}t\right) + C_2 \sin\left(\sqrt{\frac{c}{m}}t\right). \quad (9)$$

Для нахождения постоянных интегрирования проинтегрируем выражение (9), а также зададимся начальными условиями.

Начальные условия: $x = 0$; $t = 0$; $\dot{x} = 0$.

$$\dot{x} = -C_1 \sin\left(\sqrt{\frac{c}{m}}t\right)\sqrt{\frac{c}{m}} + C_2 \cos\left(\sqrt{\frac{c}{m}}t\right)\sqrt{\frac{c}{m}}. \quad (10)$$

Таким образом, подставив начальные условия в оба выражения, получим решение:

$$\begin{cases} 0 = \frac{F - F_0}{c} + C_1 \\ 0 = C_2 \sqrt{\frac{c}{m}} \end{cases} = \begin{cases} C_1 = -\frac{F - F_0}{c} \\ C_2 = 0 \end{cases},$$

$$x = \frac{F - F_0}{c} - \frac{F - F_0}{c} \cos\left(\sqrt{\frac{c}{m}}t\right). \quad (11)$$

Таким образом, данная конструкция сверла позволит реализовать изменение скорости подачи на этапе входа и выхода инструмента из обрабатываемого материала.

Изменяя параметры упругих элементов, можно использовать данный инструмент для различных плитных материалов с разным покрытием по толщине и плотности.

Заключение

Использование данного типа инструмента при сверлении плитных материалов позволит в значительной мере сократить количество брака, увеличить производительность вместе со снижением энергопотребления. Предполагаемая стоимость изготовления подобного сверла при серийном производстве значительно меньше затрат на устранение брака или модернизацию используемого оборудования.

УДК 674.05

И.Т. Глебов

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), GIT5@yandex.ru

РАЗВИТИЕ НАУКИ О РЕЗАНИИ ДРЕВЕСИНЫ

THE DEVELOPMENT OF THE SCIENCE OF CUTTING WOOD

Опираясь на школу А.Л. Бершадского в области теории резания древесины, в статье рассмотрены новые методики определения касательной силы резания в диапазоне тонких срезаемых слоев, коэффициента затупления лезвий дереворежущего инструмента, шероховатости и точности обработанных поверхностей.

Relying on the school A.L. Bershad in the theory of cutting wood, the article discusses the new methodologies for the determination of the tangential cutting force in a range of subtle cutting layers, the coefficient of dull blades wood cutting tools, roughness and accuracy of the machined surfaces.

Обращаясь к развитию науки о резании древесины, многие исследователи отдают предпочтение школе Александра Львовича Бершадского. При этом в работах А.Л. Бершадского отмечается много противоречий, неточностей, упрощений формул, ориентированных на возможность выполнения расчетов с помощью логарифмической линейки – основного инструмента инженера 60-х годов прошлого века. В последние годы некоторые проблемы удалось решить.

1. *Общий закон резания.* По А.Л. Бершадскому, зависимость касательной силы резания от толщины срезаемого слоя (рис. 1) выражается параболой *AE* для тонких срезаемых слоев и прямой линией *AB* для толстых срезаемых слоев.

Для удобства выполнения расчетов А.Л. Бершадским параболическая кривая заменяется прямой линией с уравнением:

$$F_{xм1} = 0,2p + k_м a_м, \tag{1}$$

где $F_{xм1}$ – касательная сила резания для микростружек, Н;

p – фиктивная сила резания;

$k_м$ – касательное давление срезаемого слоя на переднюю поверхность лезвия, МПа;

$a_м$ – толщина срезаемого слоя для микростружек, мм.

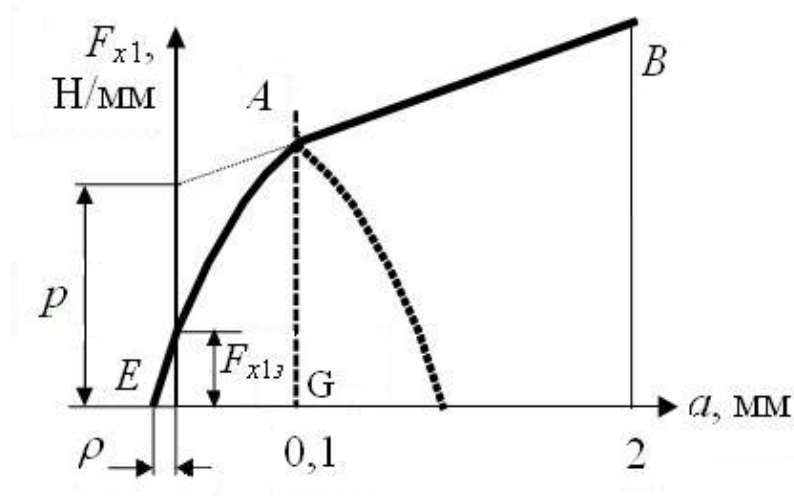


Рис. 1. Расчетная схема к определению касательной силы резания для микрослоев

Многочисленные решения обратных задач с использованием уравнения (1) показали, что очень часто скорость подачи получается с отрицательным знаком. Абсурд.

Напишем уравнение кривой AE с вершиной параболы в точке A . Получим [1]:

$$F_{x1} = (p + 0,1k) \left(1 - \frac{1}{\lambda} a^2 + \frac{0,2}{\lambda} a - \frac{0,01}{\lambda} \right), \quad (2)$$

где F_{x1} – единичная касательная сила резания для ширины срезаемого слоя в 1 мм, Н/мм;
 a – толщина срезаемого слоя для микрослоев, мм;

λ – коэффициент.

$$\lambda = \rho^2 + 0,2\rho + 0,01,$$

где ρ – радиус закругления режущей кромки лезвия, мм.

С использованием уравнения (2) при решении обратных задач указанные проблемы исчезли.

2. *Сила резания по задней поверхности лезвия.* По А.Л. Бершадскому, сила резания по задней грани лезвия $F_{xz} = 0,2\rho$. Этот результат получен при конкретных условиях резания и не может быть распространен на все случаи.

Из уравнения (2) получена формула, пригодная для всех случаев резания:

$$F_{x1z} = (p + 0,1k) \left(\frac{\rho_o}{\rho_o + 50} \right), \quad (3)$$

где F_{x1z} – единичная касательная сила резания на 1 мм ширины стружки, Н/мм.

3. *Коэффициент затупления режущей кромки лезвия.*

По А.Л. Бершадскому,

$$\alpha_\rho = 1 + \frac{0,2\Delta_\rho}{\rho_o},$$

где Δ_ρ – величина затупления лезвия, мкм.

Предложено

$$\alpha_\rho = 1 + (1 + 0,1 \frac{k}{p}) \frac{\Delta_\rho}{\rho_o + 50}. \quad (4)$$

Пример. Определить значение коэффициента затупления α_ρ при резании с $\rho_o = 5$ мкм и $\Delta_\rho = 20$ мкм и касательной силой резания, описанной уравнениями:

$$F_{x1} = 4\alpha_\rho + 38a,$$

$$F_{x1} = 1,5\alpha_\rho + 13a.$$

Для первого уравнения получим следующее выражение для α_ρ :

$$\alpha_\rho = 1 + \frac{(1 + 0,1 \frac{38}{4}) 20}{5 + 50} = 1,71.$$

Для второго уравнения получим:

$$\alpha_\rho = 1 + \frac{(1 + 0,1 \frac{13}{1,5}) 20}{5 + 50} = 1,68.$$

Для сравнения приведем результат по формуле А.Л. Бершадского:

$$\alpha_\rho = 1 + \frac{0,2\Delta_\rho}{\rho_o} = 1 + \frac{0,2 \cdot 20}{5} = 1,8.$$

Таким образом, значения коэффициента затупления, вычисляемые по формуле (4), получаются несколько ниже, чем по методу А.Л. Бершадского. Отклонения составляют соответственно 5 и 6,7 %.

4. *О взаимосвязи сил*, действующих при резании по задней и передней поверхностям лезвия. Вопрос до сих пор не решен. А.Л. Бершадский признавал действие закона диалектической взаимосвязи процессов, происходящих при резании материала, однако на практике не знал, как это отразить в расчетных формулах.

Из предложенных формул (3) и (4) следует, что сила резания по задней поверхности лезвия зависит от величины k – касательного давления срезаемого слоя по передней поверхности и величины радиуса закругления режущей кромки – одного из параметров задней поверхности.

5. О границе зон микро- и макросрезаемых слоев древесины. По А.Л. Бершадскому, эта граница находится в точке $a = 0,1$ мм. Почему это так, объяснений нет.

Для решения вопроса были проведены экспериментальные исследования В.В. Глебовым в рамках выполнения магистерской диссертации по строганию кромок фанеры [2]. Результаты экспериментов в виде графиков представлены на рис. 2.

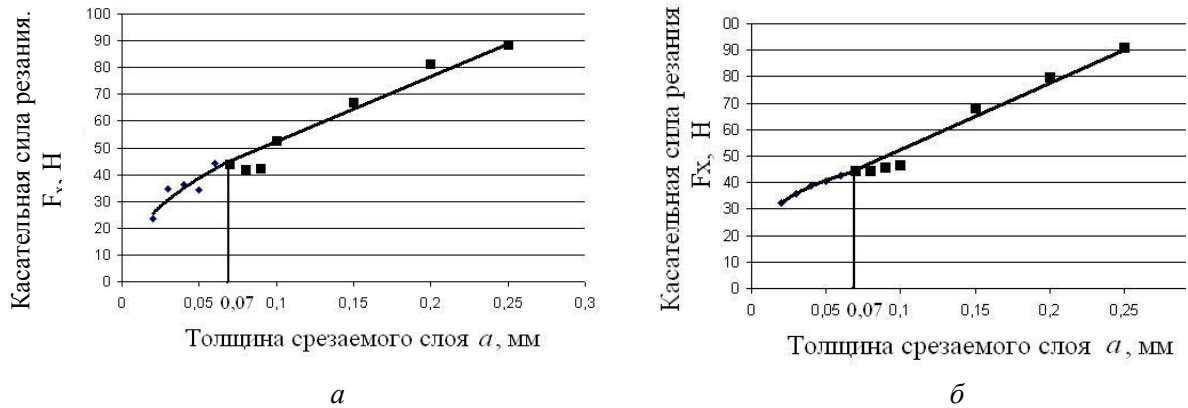


Рис. 2. Зависимость касательной силы резания от толщины срезаемого слоя при строгании кромок фанеры толщиной 6 мм: a – для продольных кромок; b – для поперечных кромок

Графики показывают, что граничной абсциссой между кривой линией в диапазоне срезаемых микрослоев и прямой линией в диапазоне срезаемых макрослоев является абсцисса $a_0 = 0,07$ мм.

6. Касательная сила резания на передней поверхности лезвия. По А.Л. Бершадскому,

$$F_{xn} = 0,8p + ka,$$

где F_{xn} – единичная касательная сила резания по передней поверхности на 1 мм ширины стружки, Н/мм.

Предложено находить по схеме рис. 3.

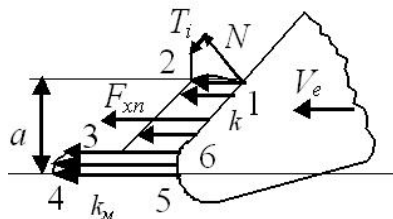


Рис. 3. Схема к расчету касательного давления срезаемого слоя на переднюю поверхность лезвия

Если форму слоев эпюры принять за параллелограммы, то единичную силу F_{xn} для срезаемого макрослоя можно найти как сумму площадей слоев эпюры по следующему выражению:

$$F_{xn} = 0,1k_m + k(a - 0,1), \quad (5)$$

где k_m, k – касательное давление на передней поверхности, равное сумме проекций векторов нормального давления и трения на направление скорости резания соответственно для микрослоя и внешнего слоя, МПа;

a – толщина срезаемого слоя, мм;

$0,1$ – толщина микрослоя в срезаемом макрослое, мм.

Если толщина срезаемого слоя $a_m < 0,1$ мм (микрослой), то

$$F_{хпм} = k_m a_m. \quad (6)$$

7. *Высота микронеровностей фрезерованной поверхности.* До недавнего времени считалось, что высота микронеровностей фрезерованной поверхности зависит только от количества зубьев фрезы, подачи на зуб и диаметра фрезы. Высоту образуемой кинематической волны определяли по формуле:

$$R_{m \max} = \frac{l^2}{4D},$$

где l – длина кинематической волны, мм;

$$l = S_z Z;$$

где S_z – величина подачи на зуб, мм;

Z – число зубьев фрезы, шт.

D – диаметр фрезы, мм.

В настоящее время признано, что величина микронеровностей фрезерованной поверхности зависит также от неточности длин радиусов отдельных зубьев.

Математическая модель для определения величины микронеровностей получена с использованием геометрической модели цилиндрического фрезерования (рис. 4).

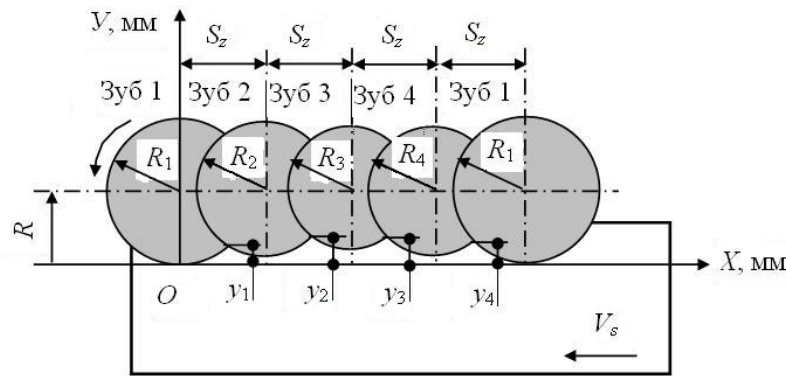


Рис. 4. Формирование кинематических волн на обработанной поверхности

Написав уравнения окружностей для каждого лезвия радиусом R и решив их попарно, найдем высоту гребешков кинематических волн. Высота гребня, образованного произвольной парой зубьев,

$$y_i = R - \sqrt{R_{li}^2 - \left[\frac{S_z}{2} + \frac{\Delta(2R_{li} - \Delta)}{2S_z} \right]^2}, \quad (7)$$

где R – max радиус лезвий фрезы, мм;

R_{li} – текущий радиус фрезы, мм.

Таким образом, высота гребешков волн y при цилиндрическом фрезеровании зависит от величины подачи на зуб S_z и погрешностей радиусов режущих кромок лезвий Δ относительно максимального радиуса R . Эта зависимость описана уравнением (8):

$$S_z = \sqrt{y(2R - y)} + \sqrt{y(2R - y) - \Delta(2R - \Delta)}. \quad (8)$$

Отсюда можно сделать два вывода. Во-первых, неточность радиусов лезвий Δ фрезы не должна превышать высоту гребней кинематических волн y . Если требуется

получить фрезерованную поверхность с высотой гребешков волн $R_{m \max} = y = 50$ мкм, то максимальная погрешность радиусов $\Delta = R - R_i$ не должна превышать 50 мкм. Во-вторых, значение подачи на зуб складывается из двух слагаемых. Первое из них равно половине максимального значения S_z при $\Delta = 0$, а второе меньше первого с поправкой на погрешность длин радиусов Δ .

Допустимая погрешность радиусов лезвий находится по уравнению, мм:

$$\Delta = R - \sqrt{R^2 + S_z^2 - 2S_z \sqrt{2Ry - y^2}}. \quad (9)$$

8. *Прифуговка лезвий.* Прифуговка лезвий позволяет уменьшить неточность расположения режущих кромок. При прифуговке радиус фрезы укорачивается на величину τ , и на задней поверхности лезвия образуется фаска. Ширина фаски должна быть не более $b = 0,15-0,20$ мм.

$$\tau = \frac{b}{\operatorname{tg}(\beta + \gamma) - \operatorname{tg}\gamma}, \quad (10)$$

где λ – задний угол, град.;

β – угол заточки (заострения), град.;

γ – передний угол, град.

При $b = 0,15$ мм допустимая величина стачивания лезвия при прифуговке будет равна ($\gamma = 35^\circ$, $\beta = 40^\circ$), мм:

$$\tau = \frac{0,15}{\operatorname{tg}(40+35) - \operatorname{tg}35} = 0,0495.$$

9. *Изменение точности фрезерования.* Точность размеров обработанных деталей зависит от износа и затупления лезвий фрезерного инструмента. При работе лезвия режущего инструмента монотонно изнашиваются, затупляются, укорачиваются по биссектрисе угла лезвий (рис. 5).

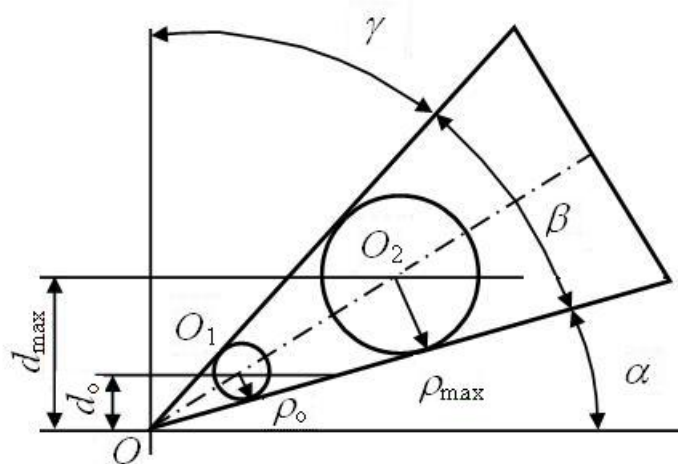


Рис. 5. Схема к расчету положения плоскости резания

Если острое лезвие имеет радиус закругления режущей кромки ρ_0 , то плоскость резания расположена от оси абсцисс на расстоянии d_0 . Если лезвие имеет радиус закругления ρ_{\max} , то плоскость резания проходит на расстоянии d_{\max} от оси абсцисс.

Обработанная поверхность древесины расположена ниже плоскости резания на величину остаточной деформации $\Delta_o = \rho \varepsilon_o$, где ε_o – относительная остаточная деформация. Таким образом, при обработке внешних поверхностей затупление лезвия приводит к увеличению размера, а при обработке внутренних поверхностей – к уменьшению размера детали.

Из рис. 6 следует, что предельно допустимое значение радиуса закругления режущей кромки в момент отказа станка по параметру «точность»

$$\rho_{\max} = \frac{d}{e - \varepsilon_o} + \rho_o, \quad (11)$$

где d – величина укорочения радиуса фрезы при затуплении лезвий, мкм;

$$e = \frac{\sin(\alpha + \beta/2)}{\sin(\beta/2)}.$$

Обработать деталь точно по номинальному размеру практически не возможно. Поэтому каждый номинальный размер ограничивают двумя предельными отклонениями: нижним ei и верхним es , которые образуют поле допуска. Величина поля допуска определяется качеством (степенью точности допусков размера). Допуск IT качества q равен $ITq = es - ei$.

Пример. На сверлильно-пазовальном станке обрабатываются гнезда под шипы шириной 8Н13 мм и длиной $l = 40$ мм. Начальный радиус закругления боковых режущих кромок $\rho_o = 5$ мкм, углы резания $\alpha = 15^\circ$, $\beta = 40^\circ$, число зубьев фрезы $Z = 2$. Поле рассеяния размеров на станке $\omega = 180$ мкм (определяется методом статистической обработки выборки размеров деталей), относительная остаточная деформация $\varepsilon_o = 0,2$. Скорость осевой подачи $V_{s1} = 0,1$ м/мин, частота вращения фрезы $n = 3000$ мин⁻¹, число двойных ходов фрезы $n_1 = 90$ мин⁻¹.

Определить момент наступления отказа технологической системы по параметру «Точность».

Решение. Гнездо обрабатывается хвостовой фрезой диаметром $D = 8$ мм. При затуплении боковых режущих кромок диаметр фрезы уменьшается.

1. По ГОСТу 6449.1-82 находим поле допуска на линейный размер 8 мм $IT13 = 220$ мкм.

2. Находим величину запаса поля допуска, мкм:

$$\delta_3 = IT13 - \omega = 220 - 180 = 40.$$

3. По мере затупления фрезы запас поля допуска сокращается. Принимаем величину сокращения поля допуска на одну сторону, мкм:

$$d = \delta_3 / 2 = 40 / 2 = 20.$$

4. Определим значение выражения

$$e = \frac{\sin(\alpha + \beta/2)}{\sin(\beta/2)} = \frac{\sin(15 + 40/2)}{\sin(40/2)} = 1,677.$$

5. Находим предельно допустимый радиус закругления режущей кромки, мкм:

$$\rho_{\max} = \frac{d}{e - \varepsilon_o} + \rho_o = \frac{20}{1,677 - 0,2} + 5 = 15,7.$$

В этот момент наступает отказ технологической системы. При дальнейшей работе получается брак.

Заключение. В этой обзорной статье приведены некоторые элементы теории резания древесины, изложенные по-новому и совершенствующие расчетный метод А.Л. Бершадского. Все это наравне с опытом, накопленным в науке по механической обработке древесины, использовано уже в учебных пособиях, монографиях, справочниках.

Библиографический список

1. Глебов И.Т. Резание древесины: учеб. пособие / И.Т. Глебов. – СПб.: Лань, 2010. – 256 с.
2. Глебов И.Т. Зависимость сил резания от направления строгания и ширины кромок фанеры / И.Т. Глебов, В.В. Глебов // Лесной журнал. – № 1 – 2014. – С. 87–91.

УДК 674.05

И.Т. Глебов, Г. Амет
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), git5@yandex.ru

УДАЛЕНИЕ СТРУЖКИ ПРИ СВЕРЛЕНИИ

REMOVAL OF SHAVING WHEN DRILLING

Приведен анализ геометрической и математической моделей принципа удаления стружки в процессе сверления древесины. Предложена формула для допустимой подачи на зуб при сверлении без брикетирования стружки и заклинивания сверла. Проведены экспериментальные исследования, выполнено сравнение расчетных и экспериментальных данных. Показана удовлетворительная сходимость результатов.

The analysis of the geometrical and mathematical models of the principle of chip removal during drilling of wood. The formula for allowable feed per tooth when drilling without briquetting chips and jamming. Experimental studies, comparison of calculated and experimental data. A satisfactory shadeport results.

При сверлении отверстий образовавшаяся стружка по канавкам сверла отводится из зоны резания, однако механизм удаления стружки остается непонятным.

Обработка отверстий в древесине и древесных материалах часто осуществляется винтовыми сверлами на сверлильных станках. По конструкции винтовые сверла могут быть с конической заточкой (по ГОСТу 22057-76), с центром и подрезателями (по ГОСТу 22053-76), с пластинами твердого сплава (по ТУ 2-035-962-84). Сверло состоит из хвостовика, с помощью которого оно крепится в патроне шпинделя станка, и рабочей части [1]. Рабочая часть включает два зуба с режущими кромками, передними 2 и задними 1 поверхностями, перемычкой 3, винтовые канавки для отвода стружки из зоны резания и узкие ленточки 4, центрирующие сверло в цилиндрическом отверстии (рис. 1).

При работе сверло заглубляется в древесину со скоростью подачи V_s . При заглублении на небольшую глубину dt сверло диаметром d срезает слой древесины

объемом
$$dO = \frac{\pi d^2}{4} dt \text{ см}^3,$$

массой
$$dm = 0,001 \frac{\pi d^2 \rho}{4} dt \text{ кг},$$

где ρ – плотность древесины, г/см³.

В каждую винтовую канавку попадает половина указанной массы стружки, кг:

$$dm_1 = 0,001 \frac{\pi d^2 \rho}{8} dt .$$

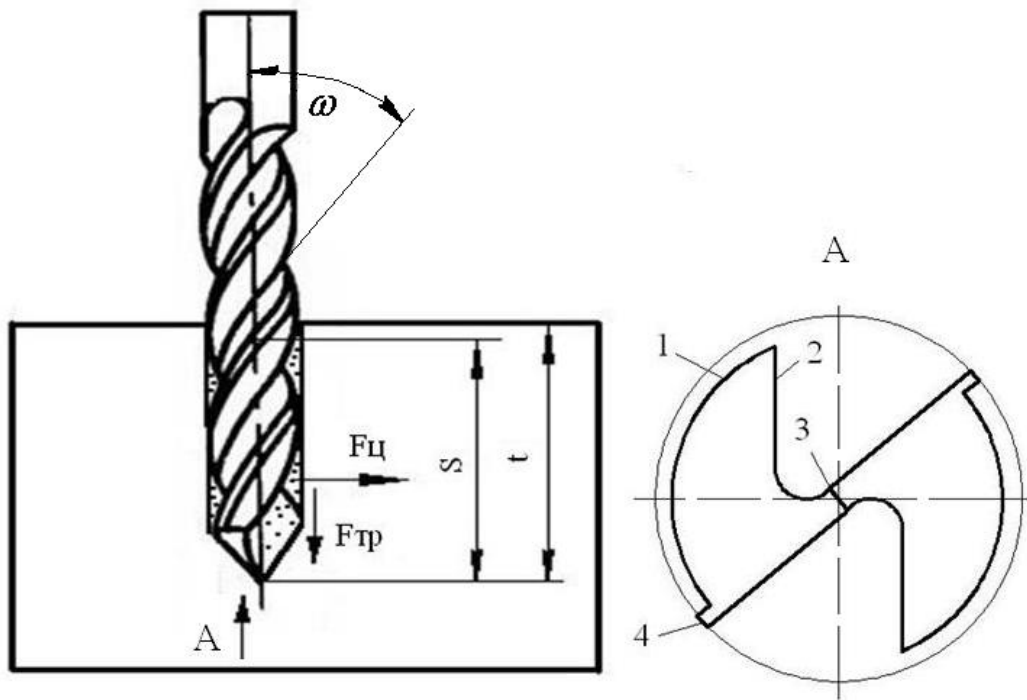


Рис. 1. Схема удаления стружки и конструкция сверла

Стружка, попавшая в канавки, вращается вместе со сверлом и под действием центробежных сил прижимается к внутренней цилиндрической поверхности отверстия, Н:

$$dF_u = \frac{dm_1 V^2}{r},$$

где r – радиус сверла, м;

V – максимальная окружная скорость вращения сверла, м/с:

$$V = \frac{\pi d n}{60000},$$

где d – наружный диаметр сверла, мм;

n – частота вращения сверла, мин⁻¹.

На внутренней цилиндрической поверхности отверстия возникает сила трения, Н:

$$dF_{mp} = dF_u f = \frac{dm_1 V^2}{r} f,$$

где f – коэффициент трения скольжения древесной стружки по деревянной поверхности отверстия; $f = 0,5$.

Сила трения создает тормозной вращательный момент, а также препятствует перемещению стружки в осевом направлении сверла. Стружка стремится остановиться около поверхности отверстия. Однако винтовая поверхность канавки сверла подхватывает стружку и, преодолевая торможение, вращает ее. В результате на поверхности канавки касательно к ней возникает усилие F_k , создающее скольжение стружки по канавке к выходу,

$$dF_k = dF_{mp} \sin(\omega + \rho_1),$$

где ρ_1 – угол трения стружки по стальной поверхности канавки сверла;

ω – угол подъема винтовой поверхности канавки; $\operatorname{tg} \omega = \frac{S}{\pi d}$,

где S – шаг винтовой канавки.

Стружка, словно гайка на вращающемся винте, скользит по канавке и выходит из отверстия.

При оптимальном режиме сверления количество удаляемой разрыхленной стружки должно равняться количеству образующейся разрыхленной стружки. Производительность удаления стружки зависит от глубины сверления, частоты вращения сверла и параметров сверла: диаметра и шага винтовой канавки. Чем больше глубина сверления, тем больше силы трения стружки в отверстии, препятствующие выносу стружки. С увеличением частоты вращения производительность выноса стружки увеличивается.

Производительность вновь образующейся стружки зависит от подачи на зуб при сверлении. При малых значениях подачи на зуб образуется небольшое количество разрыхленной стружки и сверло беспрепятственно удаляет ее из отверстия. При больших значениях подачи на зуб образуется много разрыхленной стружки и сверло не успевает удалить ее из зоны сверления. В отверстии в канавках образуются брикеты уплотненной стружки.

Брикеты начинают образовываться около режущих кромок сверла. Вынос их из отверстия прекращается. Дальнейшее сверление становится невозможным, так как брикеты заклинивают поворот сверла в отверстии.

Для любого режима сверления можно выделить критическую глубину, превышение которой недопустимо. При достижении этой глубины сверло надо поднять из отверстия, очистить от брикета стружки и продолжить сверление до следующей критической глубины. Глубина сверления массивной древесины за один проход рекомендуется $t \leq 10d$ [2]. Это слишком неопределенно.

Стружка перемещается по винтовым канавкам сверла в разрыхленновоздушном состоянии. Примем коэффициент полнодревесности разрыхленновоздушной стружки $K_v = 0,0625$. В этом случае разрыхленные стружки в воздухе будут занимать объем в 16 раз больше объема массивной древесины. Найдем объем разрыхленновоздушных стружек, поступающих в одну канавку за 1 мин работы сверла, мм³/мин:

$$Q_c = \frac{\pi d^2}{4K_v} S_z n, \quad (1)$$

где S_z – подача на 1 зуб сверла, мм;

n – частота вращения сверла, мин⁻¹.

Осевая скорость подъема стружки, мм/мин:

$$V_{oc} = 0,5V \sin 2\omega = 0,5\pi d n \sin 2\omega, \quad (2)$$

где ω – угол между продольной осью сверла и касательной к поверхности винтовой канавки.

$$\omega = \arctg \frac{\pi d}{S}.$$

Примем поперечное сечение канавки равным $\frac{1}{4}$ поперечного сечения отверстия. Тогда производительность канавки будет равна произведению поперечного сечения канавки, заполненной стружками, и скорости осевого перемещения стружки, мм³/мин:

$$P_k = \frac{\pi d^2}{4 \cdot 4} 0,5\pi d n \sin 2\omega. \quad (3)$$

Приравнивая Q_c и P_k , получим:

$$\frac{\pi d^2}{4K_v} S_z n = \frac{\pi d^2}{4} \frac{1}{8} \pi d n \sin 2\omega.$$

Отсюда при $K_v = 0,0625$ находится максимально допустимая величина подачи на зуб, мм:

$$S_z = \frac{\pi d \sin 2(\arctg \frac{\pi d}{S})}{128} \quad (4)$$

Пример. По полученной формуле ниже для заданных сверл получены допустимые значения подачи на зуб. На практике подача на зуб при сверлении древесины изменяется в диапазоне 0,1–2,0 мм (табл. 1).

Таблица 1

Данные примера

Параметр	Значение			
Диаметр сверла, мм	4	6	10	12
Шаг спирали сверла, мм	30	37	60	80
Допустимая подача на зуб, мм	0,070	0,119	0,202	0,227

Для проверки теоретических исследований были проведены лабораторные испытания процесса сверления. Для сверления были выпилены из фанеры толщиной 9 мм 5 заготовок 120×120 мм и саморезами объединены в блок толщиной 45 мм. Сверление выполняли спиральным сверлом диаметром 6 мм на станке с ЧПУ. На станке изменялась глубина сверления, частота вращения шпинделя и скорость подачи. Результаты экспериментов приведены в прилагаемой таблице 2.

Таблица 2

Исследуемые режимы сверления фанеры

Частота вращения шпинделя n , мин ⁻¹	Скорость подачи сверла V_s , мм/мин	Глубина сверления t , мм	Наличие брикета	Длина брикета l , мм	Подача на зуб S_z , мм
3000	1000	20	Нет	0	0,167
		25	Да	5	
		30	Да	10	
		40	Да	15	
	750	20	Нет	0	0,125
		25	Да	5	
		30	Да	10	
		40	Да	15	
	500	20	Нет	0	0,083
		25	Нет	0	
		30	Нет	0	
		40	Да	5	
250	20	Нет	0	0,042	
	25	Нет	0		
	30	Нет	0		
	40	Нет	0		
2000	1000	20	Нет	0	0,25
		30	Да	5	
		40	Да	Заклинило	
	750	20	Нет	0	0,188
		30	Да	5	
		40	Да	15	
	500	20	Нет	0	0,125
		30	Нет	0	
		40	Да	5	

Частота вращения шпинделя n , мин ⁻¹	Скорость подачи сверла V_s , мм/мин	Глубина сверления t , мм	Наличие брикета	Длина брикета l , мм	Подача на зуб S_z , мм	
250	250	20	Нет	0	0,063	
		30	Нет	0		
		40	Нет	0		
1000	1000	20	Да	Заклинило	0,5	
		30	Да	Заклинило		
		40	Да	Заклинило		
	750	750	20	Да	5	0,375
			30	Да	Заклинило	
			40	Да	Заклинило	
	500	500	20	Да	5	0,250
			30	Да	10	
			40	Да	15	
	250	250	20	Нет	0	0,125
			30	Нет	0	
			40	Да	5	

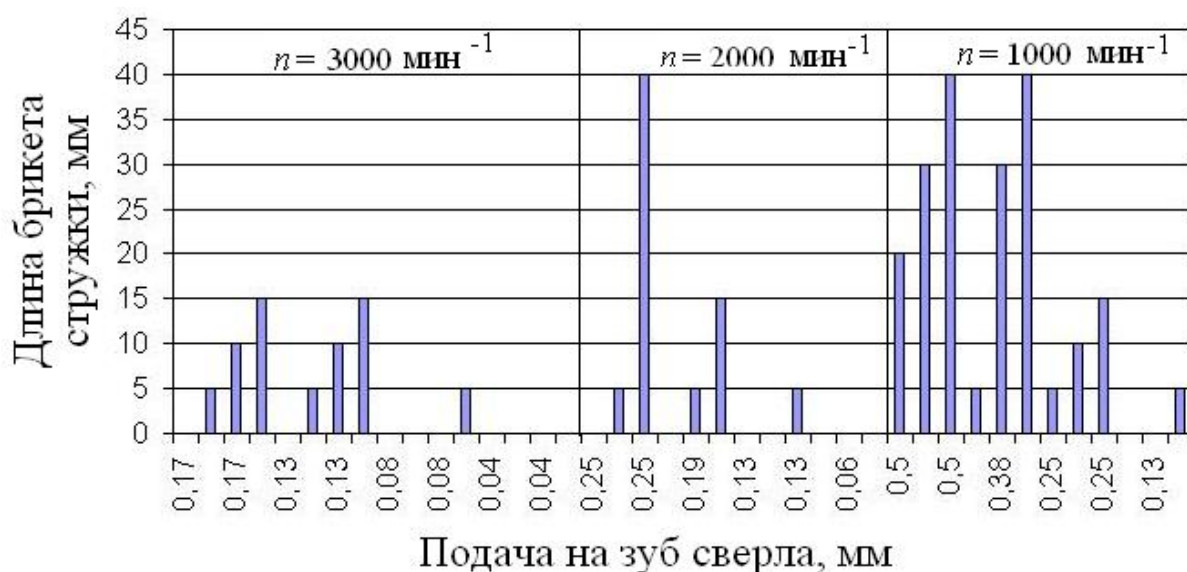


Рис. 2. Зависимость длины брикета стружки от подачи на зуб при сверлении фанеры сверлом диаметром 6 мм

Из полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. При подаче на зуб сверла $S_z = 0,063-0,083$ мм брикет стружки при сверлении не образуется. Удаление стружки из отверстия происходит без помех.
2. При подаче на зуб сверла $S_z = 0,125$ мм брикет стружки образуется при глубине сверления 40 мм.
3. При подаче на зуб сверла $S_z > 0,125$ мм брикеты стружки образуются всегда, и происходит даже заклинивание сверла в отверстии.
4. Предельно допустимая подача на зуб для сверла диаметром 6 мм и шагом винтовой канавки 37 мм по расчетной формуле $S_z = 0,119$ мм. Сходимость результатов теоретических и экспериментальных исследований удовлетворительная.

Библиографический список

1. Грубе А.Э. Дереворежущие инструменты / А.Э. Грубе. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 344 с.
2. Бершадский А.Л. Резание древесины / А.Л. Бершадский, Н.И. Цветкова. – Минск: Высшая школа, 1975. – 304 с.

УДК 674.05

И.Т. Глебов, Г. Амет
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), git5@yandex.ru

ШЕРОХОВАТОСТЬ ФРЕЗЕРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ КРОМОК ФАНЕРЫ

ROUGHNESS OF THE MILLED SURFACE OF EDGES OF PLYWOOD

Приведено определение шероховатости. На станке с ЧПУ из листа фанеры методом фрезерования вырезаны круги при различных режимах резания. На торцевых кромках кругов найдены точки, соответствующие углам перерезания волокон древесины (по лицевому слою фанеры) 0°, 45°, 90°. Построены графики зависимости шероховатости от углов встречи с волокнами.

The definition of roughness. For CNC sheet of plywood cut by milling wheels at different cutting conditions. on the edges of the circles found the end point corresponding to the corners of the cutting of wood fibers (the personal layer of plywood) 0°, 45°, 90°. Plotted roughness on the angles of the meeting with the fibers.

Фрезерные станки с ЧПУ часто используются для раскроя листов фанеры на криволинейные заготовки или для изготовления профильных деталей. Качество обработанных поверхностей оценивается шероховатостью. Шероховатость фрезерованных кромок фанеры зависит от угла перерезания волокон древесины. Направление волокон древесины фанеры принято считать по волокнам лицевого слоя.

На фрезерованной поверхности различают различные виды неровностей. В общем виде обработанную поверхность можно изобразить в виде волнистой линии, на которой различают длину волны L и высоту H . Для характеристики такой поверхности вводят коэффициент формы поверхности:*

$$K = L/H.$$

На обработанной поверхности различают макронеровности, неровности с нерегулируемым и регулируемым шагом.

Макронеровности представляют собой отклонения поверхности от заданной геометрической формы (выпуклость и вогнутость для плоскостей). Для макронеровностей значение $K > 1000$. Для $H = 0,4$ мм, например, $L > 400$ мм.

К неровностям с нерегулируемым шагом относятся разнообразные неровности, образованные при разрушении древесины или при вибрации. К ним относятся ворсистость и мшистость, вырывы, заколы (углубления по границе годичного слоя).

К неровностям с регулируемым шагом относятся неровности упругого восстановления и кинематическая волнистость, для которых $50 < K < 1000$.

* Глебов И.Т. Резание древесины. СПб.: Лань, 2010. 256 с.

Неровности с нерегулируемым шагом можно прогнозировать, используя экспериментальные данные, а кинематическую волнистость можно рассчитать.

Микронеровности с $K < 50$ называют шероховатостью. Для $H = 0,4$ мм, например, $L < 20$ мм. Шероховатость обработанной поверхности характеризует качество поверхностного слоя, а волнистость и макронеровность – точность обработки, т.е. отклонение поверхности от формы, указанной на чертеже.

Для определения шероховатости на станке с ЧПУ из листа фанеры были вырезаны концевой фрезой диаметром 6 мм круги диаметром 80 мм при различных значениях скоростей подачи. Режимы резания и полученные значения шероховатости показаны в таблице.

Результаты экспериментов

Параметры шероховатости	Угол встречи с волокнами	Значения подачи на зуб S_z , мм			
		0,083	0,067	0,05	0,033
Частота вращения фрезы $n = 3000 \text{ мин}^{-1}$					
R_m , мкм	$\varphi_\theta = 0^\circ$	10,2	8,6	11,6	11,9
	$\varphi_\theta = 45^\circ$	9,7	10	12,6	12
	$\varphi_\theta = 90^\circ$	9,6	9,9	12	10,5
R_z , мкм	$\varphi_\theta = 0^\circ$	2,3	1,9	2,5	2,6
	$\varphi_\theta = 45^\circ$	2	2,1	2,8	2,6
	$\varphi_\theta = 90^\circ$	2,1	2,4	2,6	2,5
Параметры шероховатости	Угол встречи с волокнами	Значения подачи на зуб S_z , мм			
		0,07	0,06	0,05	0,04
Частота вращения фрезы $n = 5000 \text{ мин}^{-1}$					
R_m , мкм	$\varphi_\theta = 0^\circ$	8	13,2	20,8	11,8
	$\varphi_\theta = 45^\circ$	8,8	9,4	14,4	11
	$\varphi_\theta = 90^\circ$	10,8	9,1	13,2	12,9
R_z , мкм	$\varphi_\theta = 0^\circ$	1,9	2,9	4,2	2,5
	$\varphi_\theta = 45^\circ$	2,3	2,1	2,9	2,4
	$\varphi_\theta = 90^\circ$	2,4	2,4	3	2,7

На вырезанных из листов фанеры кругах по волокнам лицевого слоя отмечались направления углов встречи φ_θ . В полученных точках кругов на поверхности их кромок измерялись значения шероховатости. Шероховатость измерялась с помощью прибора.

Для наглядности результаты экспериментов представлены графиками (рис. 1–4). Линии трендов описаны формулами.

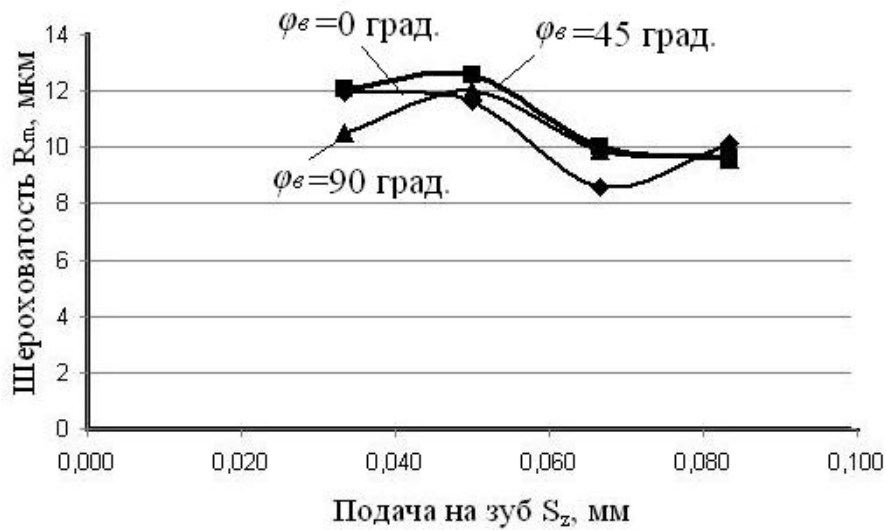


Рис. 1. Зависимость значений шероховатости от подачи на зуб при частоте вращения шпинделя 3000 мин^{-1} :

$$\begin{aligned} \varphi_v = 0^\circ, R_m &= 1652,4 S_z^2 - 242,53 S_z + 18,536; \\ \text{величина достоверности аппроксимации } R^2 &= 0,6153; \\ \varphi_v = 45^\circ, R_m &= -754,2 S_z^2 + 28,986 S_z + 12,222; \\ \text{величина достоверности аппроксимации } R^2 &= 0,7848; \\ \varphi_v = 90^\circ, R_m &= -1607,4 S_z^2 + 157,95 S_z + 7,32554; \\ \text{величина достоверности аппроксимации } R^2 &= 0,579 \end{aligned}$$

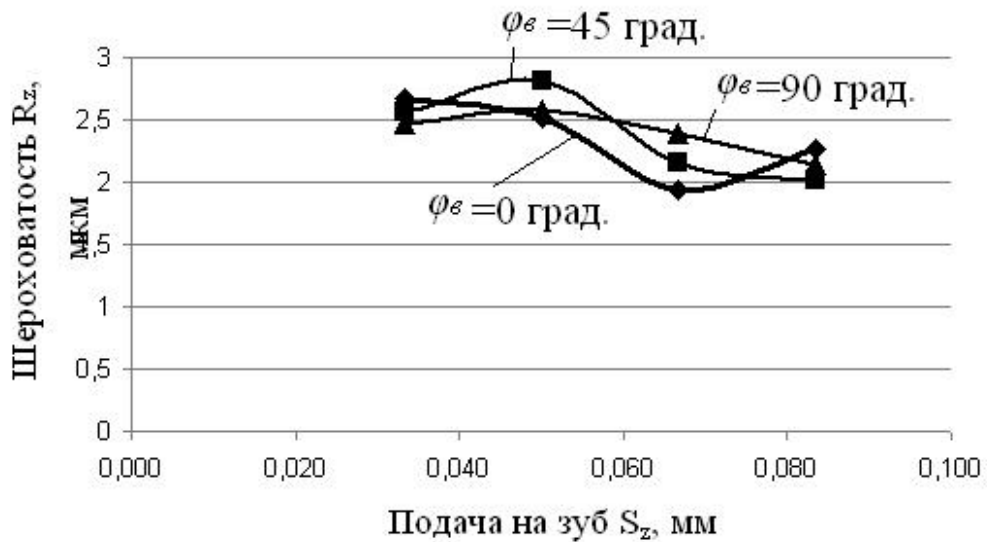


Рис. 2. Зависимость значений шероховатости от подачи на зуб при частоте вращения шпинделя 3000 мин^{-1} :

$$\begin{aligned} \varphi_v = 0^\circ, R_z &= 455,4 S_z^2 - 63,966 S_z + 4,3711, R^2 = 0,7173; \\ \varphi_v = 45^\circ, R_z &= -358,2 S_z^2 + 27,978 S_z + 2,0957, R^2 = 0,755; \\ \varphi_v = 90^\circ, R_z &= -329,4 S_z^2 + 31,554 S_z + 1,7881, R^2 = 0,9806 \end{aligned}$$

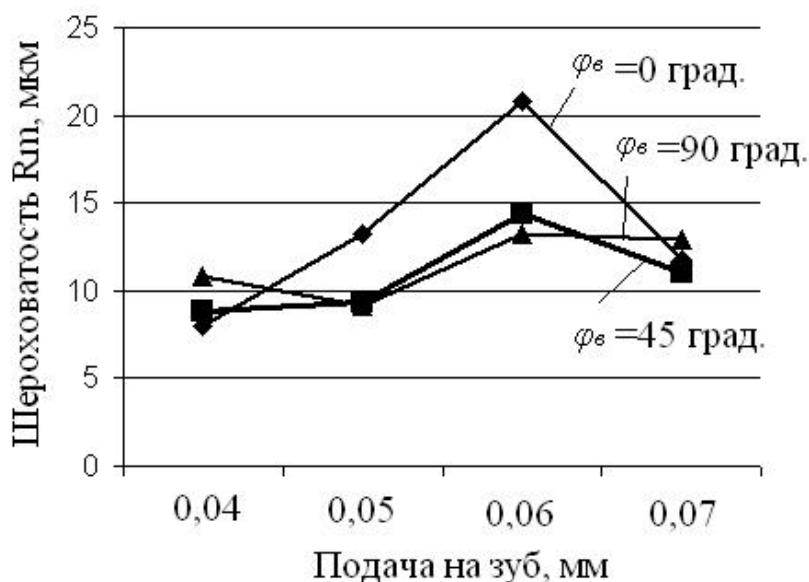


Рис. 3. Зависимость значений шероховатости от подачи на зуб при частоте вращения шпинделя 5000 мин^{-1} :

$$\varphi_v = 0^\circ, R_m = 1,9 S_z + 8,7, R^2 = 0,2086;$$

$$\varphi_v = 45^\circ, R_m = 1,16 S_z + 8,0, R^2 = 0,3556;$$

$$\varphi_v = 90^\circ, R_m = 1,04 S_z + 8,9, R^2 = 0,4872$$

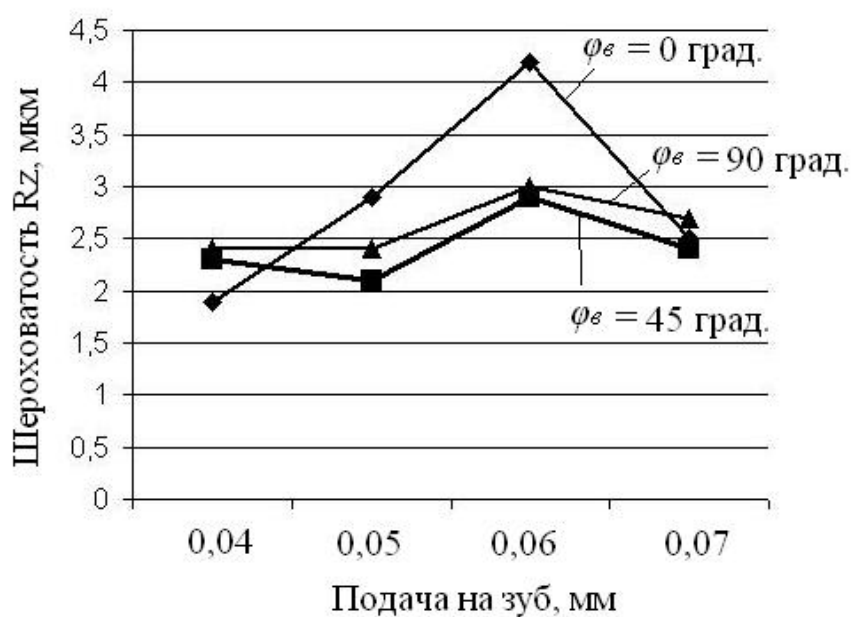


Рис. 4. Зависимость значений шероховатости от подачи на зуб при частоте вращения шпинделя 5000 мин^{-1} :

$$\varphi_v = 0^\circ, R_z = 0,31 S_z + 2,1, R^2 = 0,1687;$$

$$\varphi_v = 45^\circ, R_z = 0,11 S_z + 2,15, R^2 = 0,1741;$$

$$\varphi_v = 90^\circ, R_z = 0,15 S_z + 2,25, R^2 = 0,4545$$

Анализ полученных графиков показывает, что при увеличении подачи на зуб значения шероховатости несколько убывает (см. рис. 1–2) или остается неизменным в пределах погрешности опытов.

Вывод: при режимах фрезерования, принятых в экспериментах, значение шероховатости кромок фанеры изменяется незначительно и составляет $R_m=10-12$ мкм и $R_z=2-3$ мкм. Полученные результаты находятся в пределах погрешностей экспериментов, и это позволяет утверждать, что при выбранных режимах фрезерования значения шероховатости не зависят ни от подачи на зуб, ни от углов перерезания волокон древесины.

УДК 674.055:621.914.3

С.А. Гриневич, В.В. Раповец, Г.В. Алифировец
БГТУ (г. Минск, Республика Беларусь), alifirovez@tut.by

ВЛИЯНИЕ ПОТЕРИ РЕЖУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ НОЖЕЙ ФРЕЗЕРНО-БРУСУЮЩИХ СТАНКОВ НА КАСАТЕЛЬНУЮ СОСТАВЛЯЮЩУЮ СИЛЫ РЕЗАНИЯ

THE INFLUENCE OF THE LOSS OF CUTTING ABILITY OF CHIPPER MACHINES CUTTER ON TANGENTIAL CUTTING FORCE

В настоящее время на многих деревообрабатывающих предприятиях головным оборудованием являются фрезерно-брусующие станки и линии на их основе. Данный тип оборудования предназначен для производства пиломатериалов с попутным получением технологической щепы. Рассмотрим взаимосвязь пути резания, касательной силы резания и коэффициента затупления.*

Currently, many wood-processing enterprises are the main machinery Chipper-Canter machines and lines on their basis. This type of equipment is used for the production of lumber with a fair yield of wood chips. Consider the relationship of the cutting path, tangential cutting force and the coefficient of bluntness.*

Фрезерно-брусующие технологии переработки древесины получили распространение ввиду следующих своих преимуществ:

- высокой производительности (скорости подачи до 200 м/мин и более);
- возможности полной механизации и автоматизации процесса;
- получения двух видов продукции (пилопродукции и технологической щепы).

Недостатками являются:

- высокая стоимость;
- необходимость предварительной сортировки бревен и жесткие требования к исходному сырью.

Современные фрезерно-брусующие станки оснащены дорогостоящим режущим инструментом – сборными торцово-коническими фрезами, режущим элементом которых являются цельные двухлезвийные ножи (рис. 1).

* ГОСТ 15815–1983. Щепа технологическая. Технические условия. Введ. 1985–01–01. М.: Изд. стандартов, 1983. 12 с.

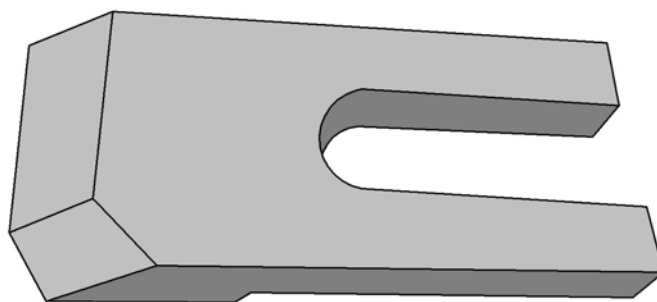


Рис. 1. Цельный двухлезвийный нож

На износ режущих элементов влияет множество факторов, среди которых можно выделить следующие:

- обрабатываемая порода;
- режимы резания;
- физико-механические свойства материала режущего инструмента;
- параметры инструмента и исходное состояние режущих кромок.

Для затупления ножей на ОАО «Борисовский ДОК» была проведена серия опытов на фрезерно-брусующем станке PSP 500 линии SAB. Ножи, отработавшие заданное количество смен и, соответственно, прошедшие различный путь резания, снимались для испытаний на лабораторной установке.

Общий вид экспериментальной установки УИР-1 представлен на рисунке 2.

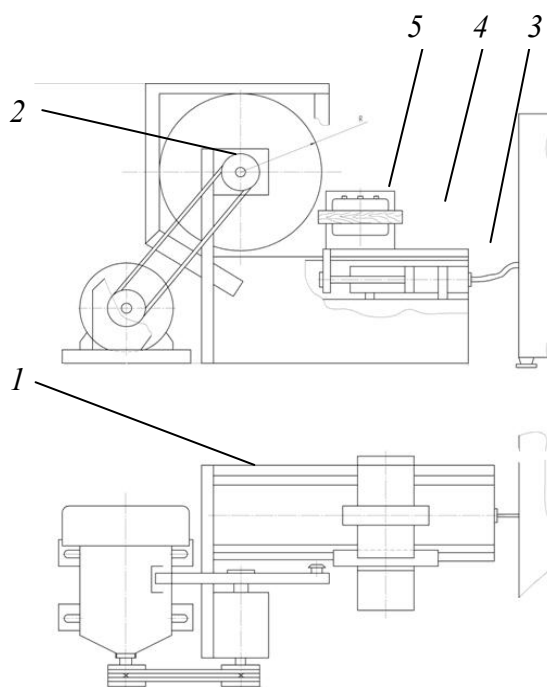


Рис. 2. Экспериментальная установка УИР-1

Экспериментальная установка включает станину 1, механизм резания 2, механизм подачи 3, измерительный комплекс и систему управления. При исследовании режимов резания образец 4 крепится в динамометре 5. Ножом, установленном на резцедержателе несущего диска при включенном приводе резания (электродвигателе) и подачи (гидронасосе), осуществляется обработка образца и регистрация трех перпендикулярных составляющих силы резания (F_x , F_y , F_z). Результаты измерения касательной силы резания в зависимости от пути резания представлены в таблице.

Результат измерения касательной силы резания в зависимости от пути резания

Путь резания, м	Касательная составляющая силы резания F_z , Н
0	520
14 500	625
32 000	659
54 500	712
68 000	765
82 000	825

На рисунке 3 представим график зависимости касательной составляющей силы резания от пути резания.

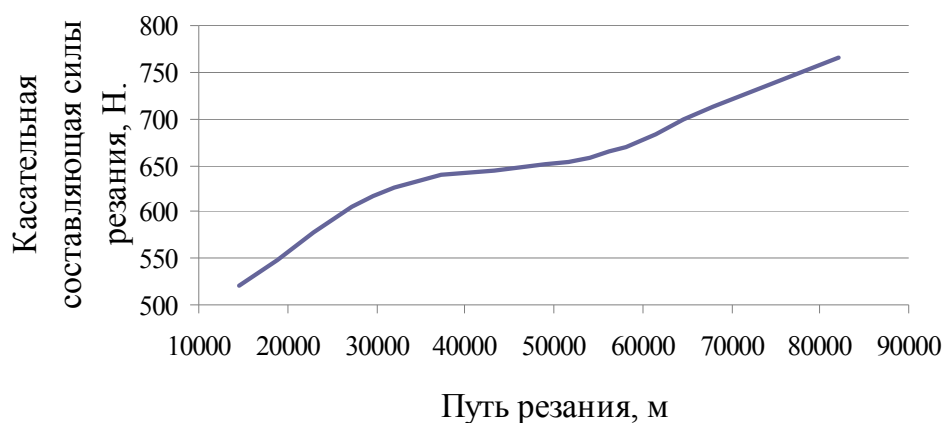


Рис. 3. График зависимости касательной составляющей силы резания от пути резания

На практике для учета влияния затупления режущего инструмента на силу резания принято использовать поправочный коэффициент a_p , который может быть рассчитан по формуле:

$$a_p = \frac{F_k}{F_{k0}}, \quad (1)$$

где F_k – касательная сила резания для затупленного резца, Н;

F_{k0} – касательная сила резания для острого резца, Н.

На основании полученных данных построим зависимость коэффициента a_p от пути резания (рис. 4).

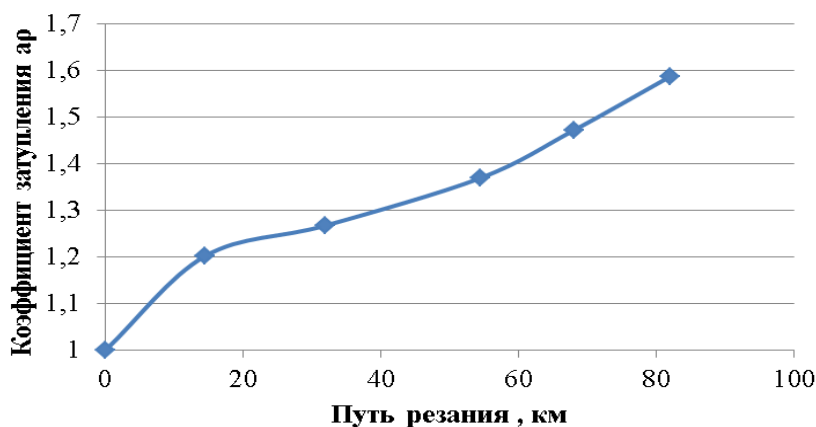


Рис. 4. График зависимости пути резания от коэффициента затупления

Выводы

Из графиков видно, что при увеличении пути резания касательная сила резания и коэффициент затупления увеличивается. График роста касательной составляющей силы резания близок к графику классической кривой износа. Данные, полученные в результате исследования, могут быть использованы для расчета сил и мощности резания при переработке древесины на фрезерно-брусующих станках.

УДК 674.05

А.А. Гришкевич, В.С. Вихренко, В.Н. Гаранин
(БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь), garanin@wmt.by

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА СОПРЯГАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ РЕФЛЕКТОРНОГО ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА

THE CALCULATION FEATURES OF THE CONTACT SURFACES OF REFLEX MILLING TOOLS

Обработка древесины и древесных материалов методом фрезерования остается значимым технологическим процессом в столярно-строительном и мебельном производствах. Получение при этом продукции установленного качества согласно нормативно-технической документации с одновременным снижением энергетических затрат является и сегодня насущным вопросом для научных исследований. В этом направлении в настоящее время ведутся работы на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов (БГТУ, г. Минск) и уже разработана конструкция фрезы сборной, которая позволяет вести исследовательские работы (благодаря возможности в конструкции инструмента изменять положение ножа относительно оси вращения (угол наклона кромки λ) и изменять передний и задние углы [1]).

Processing of wood and wood-based materials by milling is an important process in the joinery and furniture production. Getting with the product according to the established quality of technical standards while reducing energy costs and is now an urgent issue for research. In this direction is currently underway in the department of woodworking machines and tools (BGTU, Minsk) and has already developed a design team of cutters, which allows you to research (with the ability to design a tool to change the position of the blade relative to the axis of rotation (the angle of λ) and change the front and rear corners of [1]).

Рассматриваемая фреза (рис. 1) позволяет уменьшить составляющие силы резания, повысить суммарную стойкость инструмента, устранить сколы на обработанной поверхности.

Однако, как указывалось в [1], конструкция инструмента требует доработки, что ведет к необходимости проведения дополнительных теоретических расчетов, особенно в режимах ее разгона и торможения, которым и посвящена данная работа.

Представим вкратце общую расчетную схему исследуемой фрезы (рис. 1).

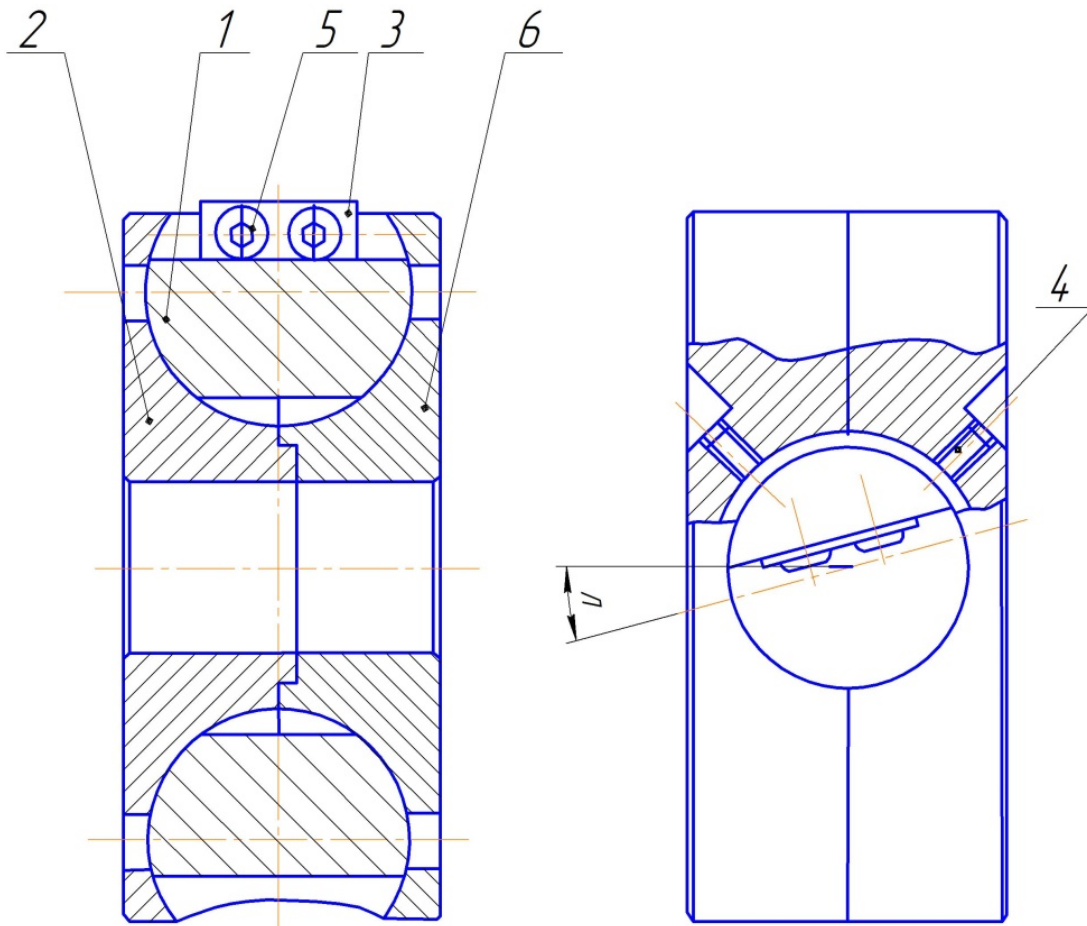


Рис. 1. Фреза сборная с изменяемыми угловыми параметрами:
 1 – сегментный узел; 2, 6 – левая и правая части корпуса фрезы; 3 – нож;
 4 – винт для фиксации сегмента; 5 – винт для фиксации ножа

Сегментный узел 1, на котором крепится нож, является частью шара, и контактирует с корпусом 2, 6 по части сферической поверхности. Ввиду этого он имеет три вращательных степени свободы относительно корпуса фрезы, что обеспечивает широкие возможности по установке ориентации ножа как для целей научных исследований, так и при использовании в производстве с целью оптимизации процессов обработки заготовок. Возможность перемещения относительно вокруг оси, проходящей через режущую кромку ножа 3 (при $\lambda = 0$), изменяя при этом передний (γ) или задний (α) углы.

Фиксация сегментных узлов в определенном положении осуществляется с помощью винтов 4. Сегментный узел, на котором фиксируется нож, имеет возможность поворота относительно корпуса вокруг своей оси на угол λ .

С целью определения условий устойчивой работы сегмента на этапах разгона/торможения фрезы или в процессе резания необходимо исследовать распределение действующих на него сил, включая силы инерции. Для этого определим координаты центра тяжести и компоненты тензора моментов инерции сегментного узла в сборе с ножом.

Так как сегментный узел симметричен относительно плоскости деления двух частей корпуса фрезы, делаем разрез по оси симметрии и разбиваем на простейшие фигуры (рис. 2), что позволяет рассчитать положение центра тяжести без использования специализированных программ.

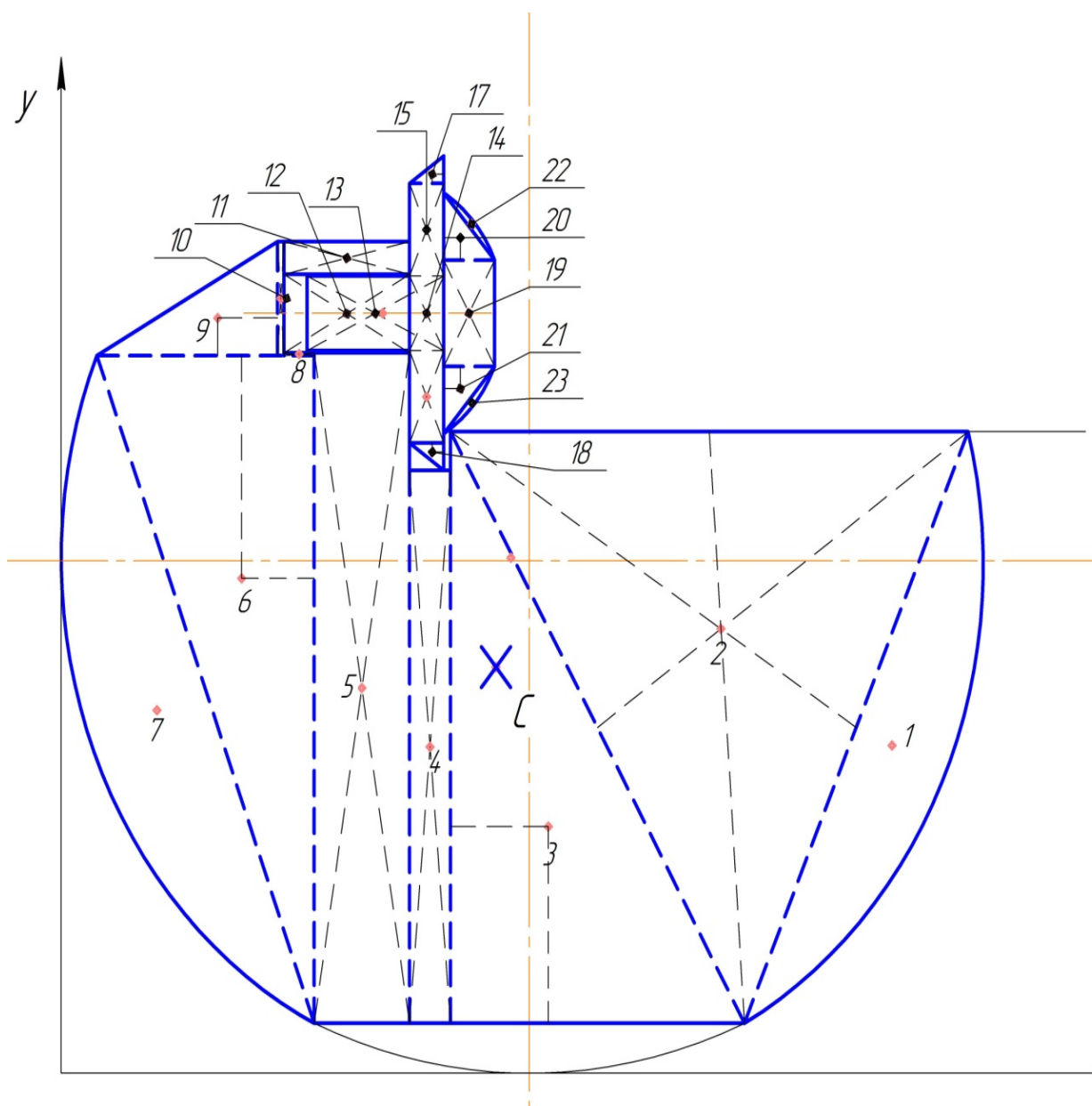


Рис. 2. Схема для расчета центра масс системы

Однако более точные результаты можно получить, если воспользоваться одной из таких программ, например SolidWorks. Для этого была построена 3D-модель сегментного узла и выполнены соответствующие вычисления. Результаты вычислений приведены ниже (рис. 3). Отметим, что на рисунках расстояния указаны в миллиметрах, тогда как в формулах и в результатах вычислений используются основные единицы системы СИ (кг, м, с).

Основная проблема при эксплуатации инструмента с подвижными элементами – это фиксация движущихся частей во время разгона. При установившейся работе инструмента такая проблема отсутствует, поскольку на сегментный узел действуют большие центробежные (нормальные) силы инерции, обеспечивающие силы трения, достаточные для стабилизации позиционирования всех элементов фрезы.

enter of mass: (millimeters)		
X = -0.68		
Y = -3.36		
Z = 0.00		
Principal axes of inertia and principal moments of inertia: (grams* ² millimeters)		
Taken at the center of mass.		
Ix = (0.98, -0.21, 0.00)	Px = 26112.07	
Iy = (0.00, 0.00, -1.00)	Py = 26956.43	
Iz = (0.21, 0.98, 0.00)	Pz = 34689.64	
Moments of inertia: (grams* ² millimeters)		
Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system.		
Lxx = 26496.34	Lxy = -1774.37	Lxz = 0.11
Lyx = -1774.37	Lyy = 34305.38	Lyz = -0.01
Lzx = 0.11	Lzy = -0.01	Lzz = 26956.43
Moments of inertia: (grams* ² millimeters)		
Taken at the output coordinate system.		
Ixx = 28468.77	Ixy = -1303.12	Ixz = 0.11
Iyx = -1303.12	Iyy = 34417.97	Iyz = 0.00
Izx = 0.11	Izy = 0.00	Izz = 29041.46

Рис. 3. Результаты расчетов по программе SolidWorks

Составим расчетную схему сегментного узла (рис. 4) и зададимся следующими параметрами:

- $\omega = 800 \text{ c}^{-1}$ – угловая скорость вращения инструмента;
- $\varepsilon = 800 \text{ c}^{-2}$ – угловое ускорения инструмента в режиме разгона;
- $m = 0,2 \text{ кг}$ – масса подвижной части.

Во время разгона момент центробежной силы инерции, действующей на сегментный узел, в соответствии с расположением центра масс, стремится повернуть его по ходу часовой стрелки. Поэтому силы трения, предотвращающие этот поворот, должны быть направлены как указано на рисунке 4.

Предположим, что нормальное давление распределено пропорционально углу, составляемому направлением нормального усилия с горизонтальной осью. Задачу сведем к плоской, а направление результирующего нормального усилия определим интегрированием распределенной нагрузки по углу. Для упрощения расчетов пренебрежем некоторой асимметрией распределения нормальных реакций в правой и левой частях рисунка 4, т.е. будем полагать, что нормальные реакции N_1 и N_2 составляют с горизонтальной осью одинаковый угол φ в обеих частях рисунка. Вычисления показывают, что $\varphi \cong 10^\circ$. Нормальная Φ_n , касательная Φ_τ силы инерции и момент сил инерции относительно центра масс M_C^Φ определяются по известным соотношениям ($R = 0,05 \text{ м}$ – расстояние центра масс сегментного узла до оси вращения фрезы) [2]:

$$\Phi_n = ma_n = m\omega^2 R, \quad \Phi_\tau = ma_\tau = m\varepsilon R, \quad M_C^\Phi = I_{Czz}\varepsilon. \quad (1)$$

где a_n, a_τ – нормальное и касательное ускорение подвижной части инструмента, м/с^2 .

Составим в рамках принципа Даламбера [2] три уравнения динамического равновесия сегментного узла: суммы проекций сил на оси X, Y и сумму моментов сил относительно центра сферы, соответственно:

$$-\Phi_n \sin \psi - \Phi_\tau \cos \psi - F_{\text{тр}1} \sin \varphi - F_{\text{тр}2} \sin \varphi + N_2 \cos \varphi - N_1 \cos \varphi = 0, \quad (2)$$

где $F_{\text{тр}1}$ и $F_{\text{тр}2}$ – результирующие силы трения, действующие на ножедержатель со стороны опорных поверхностей 1 и 2, Н;

ψ – угол между линией, проходящей через центр тяжести сегментного узла и ось вращения фрезы, и вертикальной осью на рис. 4;

$$\Phi_n \cos \psi - \Phi_\tau \sin \psi + F_{\text{тр}1} \cos \varphi - F_{\text{тр}2} \cos \varphi - N_2 \sin \varphi - N_1 \sin \varphi = 0; \quad (3)$$

$$-x\Phi_n - y\Phi_\tau + (2/\pi)r(F_{\text{тр}1} + F_{\text{тр}2}) + M_C^\Phi = 0, \quad (4)$$

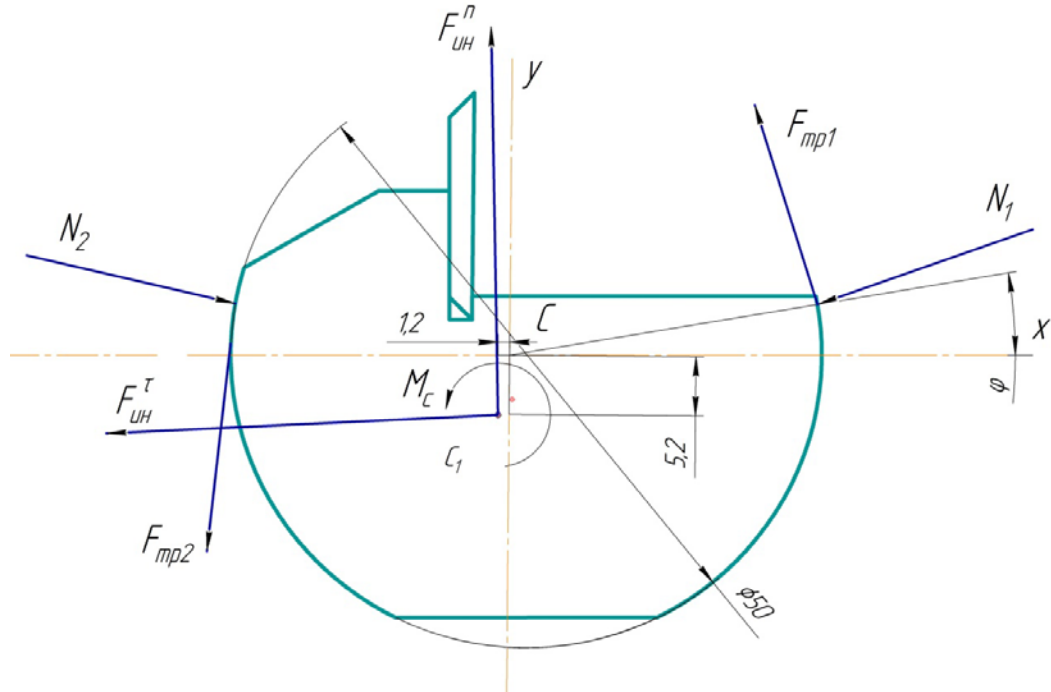


Рис. 4. Схема распределения сил, действующих на сегмент во время разгона фрезы

$R = 0,05$ м – расстояние от оси вращения фрезы до центра тяжести сегментного узла;
 $r = 0,025$ м – радиус сферической поверхности сегментного узла;
 $x = 0,00068$ м и $y = 0,00336$ м – плечи сил инерции относительно центра масс.

Отметим, что при переходе к плоской модели плечи сил трения относительно оси сферы изменяются от r до нуля, и интегрирование по угловой переменной приводит к появлению множителя $(2/\pi)$ в уравнении (4).

Решая задачу по методу предельного равновесия [2], т.е., полагая, что силы трения достигли своих предельных значений, определим минимальное значение коэффициента трения \bar{f} (для сокращения обозначений в последующих уравнениях фигурирует приведенный коэффициент трения f , отличающийся от действительного множителем $\pi/2$ согласно уравнению (5)), достаточное для обеспечения относительного равновесия сегментного узла в корпусе фрезы:

$$F_{\text{тр}j} = fN_j, \quad f = (2/\pi)\bar{f} \quad j = 1, 2, \quad (5)$$

где N_j – результирующая нормальная реакция опорной поверхности j , Н.

Используя уравнение (5) в уравнениях равновесия (2) и (3), перепишем последние в виде:

$$(N_2 - N_1) \cos \varphi - f(N_2 + N_1) \sin \varphi = \Phi_n \sin \psi + \Phi_\tau \cos \psi, \quad (6)$$

$$(N_2 + N_1) \sin \varphi + f(N_2 - N_1) \cos \varphi = \Phi_n \cos \psi - \Phi_\tau \sin \psi, \quad (7)$$

решение которых позволяет определить сумму нормальных реакций

$$N_1 + N_2 = \frac{\Phi_n(\cos \psi - f \sin \psi) - \Phi_\tau(\sin \psi + f \cos \psi)}{(1 + f^2) \sin \varphi}. \quad (8)$$

Подставляя полученный результат в уравнение (4) с использованием (5), приходим к уравнению

$$\frac{f}{1 + f^2} \frac{\Phi_n(\cos \psi - f \sin \psi) - \Phi_\tau(\sin \psi + f \cos \psi)}{\sin \varphi} r = x\Phi_n + y\Phi_\tau - M_C^\Phi, \quad (9)$$

которое сводится к квадратному уравнению относительно искомого минимально допустимого значения коэффициента трения

$$f^2 - 2bf + c = 0, \quad (10)$$

где b и c находим по следующим зависимостям:

$$b = \frac{1}{2B}(\varepsilon t^2 \cos \psi - \sin \psi), \quad c = \frac{1}{B} \left(\frac{x}{r} \varepsilon t^2 + \frac{y}{r} - \frac{J_C}{mrR} \right) \sin \varphi, \quad (11)$$

где J_C – момент инерции ножедержателя относительно точки C , кг·м²;
 B – коэффициент, который находим по следующей зависимости:

$$B = \left(\frac{x}{r} \sin \varphi + \sin \psi \right) \varepsilon t^2 + \left(\frac{y}{r} - \frac{J_C}{mrR} \right) \sin \varphi + \cos \psi. \quad (12)$$

При получении записанных соотношений предполагалось, что разгон фрезы происходит равноускоренно $\omega = \varepsilon t$, $\varepsilon = \omega_{ном}/\tau$, τ – время разгона, $\omega_{ном}$ – номинальная угловая скорость вращения фрезы в установившемся режиме.

При положительных значениях коэффициентов b и c в качестве решения уравнения (10) следует принять

$$f = b - \sqrt{b^2 - c}. \quad (13)$$

На рис. 5 показана зависимость от времени минимально допустимого значения коэффициента трения \bar{f} , найденная по уравнению (13) (с учетом (5)), при различных угловых ускорениях на этапе разгона фрезы. Результаты расчетов показывают, что по мере увеличения угловой скорости (пропорционально времени) минимально допустимое значение коэффициента трения асимптотически стремится к пределу 0,0075, что значительно меньше коэффициента трения стали по стали (около 0,1).

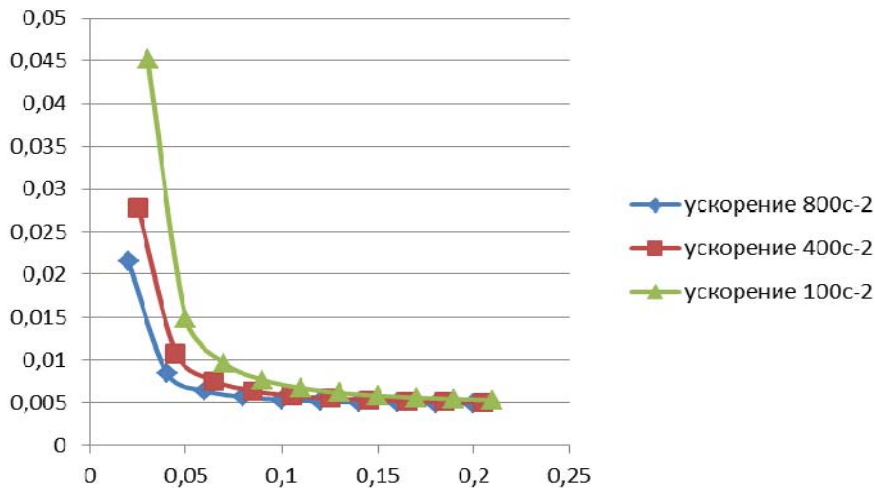


Рис. 5. График зависимости коэффициента трения f от времени t

При $b^2 < c$ действительные решения уравнения (13) отсутствуют и при $b^2 - c < 0$ (рис. 6) в предположении малости коэффициента трения его следует искать согласно выражению

$$f = \frac{c}{2b} = \frac{(x/r)\varepsilon t^2 + (y/r) - (J_c / mrR)}{|\varepsilon t^2 \cos \psi - \sin \psi|}. \quad (14)$$

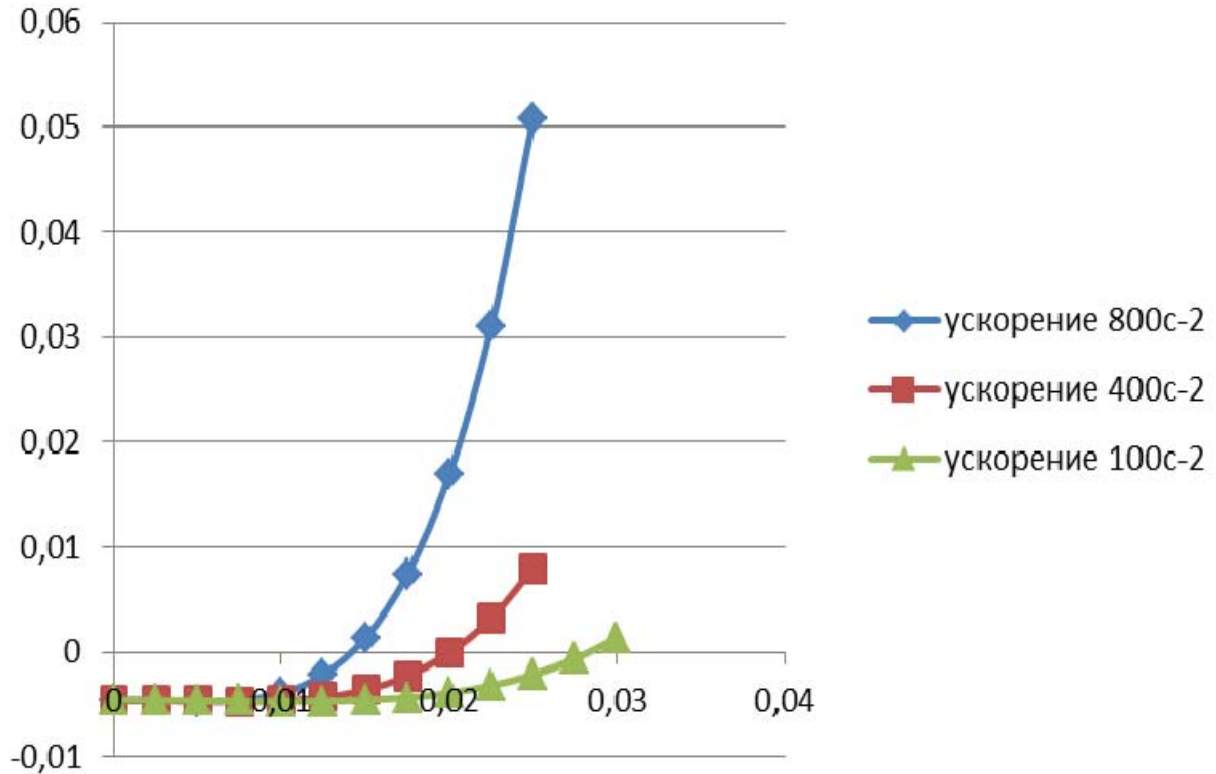


Рис. 6. График зависимости $b^2 - c$ от времени t

Отметим, что условие $b > 0$ выполняется для моментов времени

$$t > \sqrt{\text{tg}\psi / \varepsilon}. \quad (15)$$

При меньших временах после начала разгона фрезы вследствие действия момента сил инерции M_c^0 силы трения будут действовать противоположно указанным на рисунке 4 направлениям.

Поскольку решение уравнения (10) приводит к значениям коэффициента трения, значительно меньшим единицы, то можно пренебречь слагаемым f^2 в этом уравнении и для любых моментов времени определять коэффициент трения по соотношению (14).

Таким образом, для фиксации ножедержателя необходимо предусматривать механизм, предотвращающий в момент разгона смещение ножей относительно выставленных положений. Причем чем ниже угловая скорость разгона инструмента, тем больше времени требуется сдерживать ножедержатель от смещения относительно корпуса инструмента.

Выводы. В результате расчетов, была получена зависимость минимально допустимого коэффициента трения в процессе разгона фрезы. Полученные результаты

показали, что при не слишком малых временах с начала разгона коэффициент трения порядка 0,1, характерный для сопрягаемых стальных деталей, надежно обеспечивает фиксацию сегментного узла относительно корпуса фрезы. При малых временах возникающие силы инерции не велики, и для обеспечения фиксации узла достаточно использовать одно из простейших фиксирующих приспособлений, например, один или два винта небольшого сечения.

Библиографический список

1. Гришкевич А.А. Особенности фрезерного сборного инструмента с изменяемыми углами: передним и наклона режущей кромки // А.А. Гришкевич, А.Ф. Аникеенко, В.Н. Гаранин // Труды БГТУ. – 2014. – Сер II (166): Лесная и деревообработ. пром-сть. – С. 175–177.
2. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: учебник [для вузов] / С.М. Тарг. – 12-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 1998. – 416 с.

УДК 674.055

А.А. Гришкевич, О.И. Костюк

(БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь), dosy@belsty.by, olga_kostiuk13@mail.ru

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО УДАЛЕНИЮ ПРОДУКТОВ РЕЗАНИЯ С ПОВЕРХНОСТИ ШЛИФОВАЛЬНОЙ ШКУРКИ

THE METHODOLOGY AND RESULTS OF RESEARCH ON DISPOSAL OF CUTTING PRODUCTS FROM THE SURFACE OF THE SANDPAPER

Статья описывает способ удаления продуктов резания с рабочей поверхности шлифовальной ленты во время ее работы за счет действия знакопеременной нагрузки. Предлагаемый способ будет способствовать увеличению периода стойкости инструмента и производительности процесса. В статье находит продолжение новое направление совершенствования процесса шлифования древесины. Его сущность состоит в удалении продуктов резания древесины с рабочей поверхности шлифовальной ленты во время ее работы, что определяет работоспособность шлифовального инструмента. По полученным результатам исследований установлено усилие, необходимое для удаления продуктов резания из пространства между зернами.

This article describes a method of removing products from the cutting work surface sanding belt during operation due to the effect of the alternating load. The proposed method will contribute to increasing tool life and productivity of the process. The article continued local-dit new direction of improving the grinding timber. Its essence is to remove the cutting of wood products from the working surface of the grinding tape during its work that defines the performance of the grinding tool. According to the results of studies found the force required to remove the cutting products in the space between the grains.

Шлифование отличается от пиления, фрезерования и других видов механической обработки тем, что оно выполняется при воздействии на древесину микролезвий –

абразивных зерен, размеры которых даже одной фракции зернистости имеют отклонения линейных и угловых параметров друг относительно друга*.

Каждое зерно, срезая стружку, транспортирует ее на всем пути резания, который значителен по сравнению с размером зерна и стружки. Удельная производительность шлифовального инструмента зависит от пространства между зернами и радиусом округления режущих кромок зерна. Однако опыт эксплуатации шлифовальных лент, используемых при обработке натуральной древесины, показывает, что инструмент теряет режущую способность не от округления абразивных зерен, а от заполнения пространства между зернами (рис. 1).

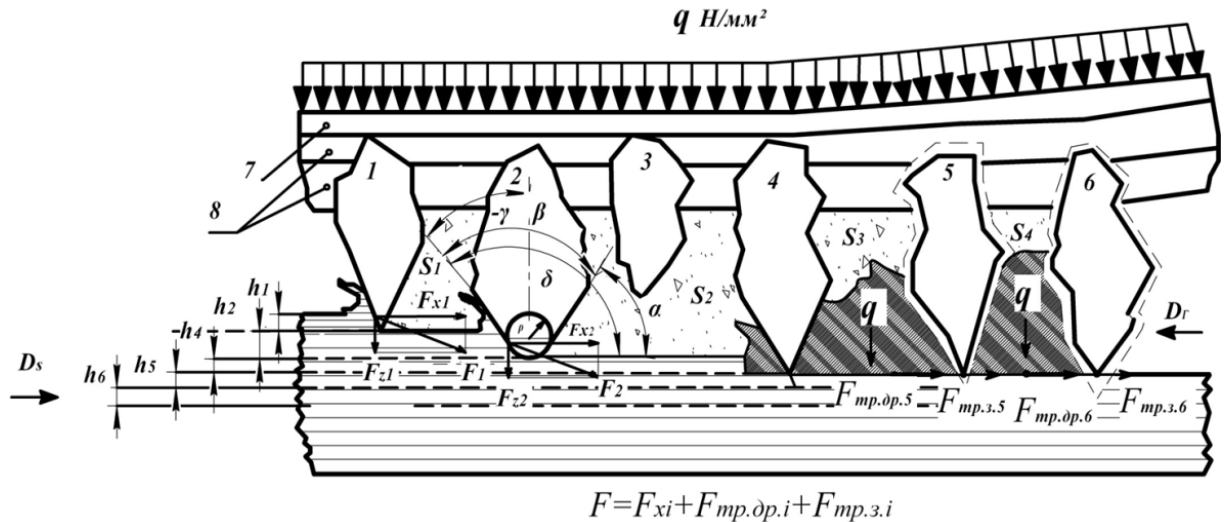


Рис. 1. Заполнение межзубового пространства при шлифовании древесины:

1–6 – абразивные зерна; 7 – основа; 8 – двухслойная связка

В настоящее время существуют различные способы очистки шлифовальных лент. Основные из них – обдув лент и очистка обдува шлифовальной ленты различными упругими материалами. Но все эти способы в недостаточной мере очищают поверхность шлифовальных лент.

Предлагается, как вариант, осуществить способ удаления продуктов резания с поверхности шлифовальной ленты во время её работы: на шлифовальную ленту оказывает действие устройство, заключающееся в его периодическом воздействии в направлении, нормальном к основе шлифовальной ленты. Шлифовальная лента в процессе резания древесины заполняется в межзубовом пространстве продуктами резания (рис. 2, а). В результате полного заполнения происходит потеря режущей способности. Оказывая циклическую нагрузку на шлифовальную ленту, приспособление выбивает остатки продуктов резания, которые остаются в межзубовом пространстве шлифовальной шкурки. К продуктам резания могут относиться как измельченная древесина, так и абразивные зерна, которые разрушаются или вырываются со связующего в процессе резания (рис. 2, б).

* Любченко В.И. Резание древесины и древесных материалов. М.: Лесная промышленность, 1986.

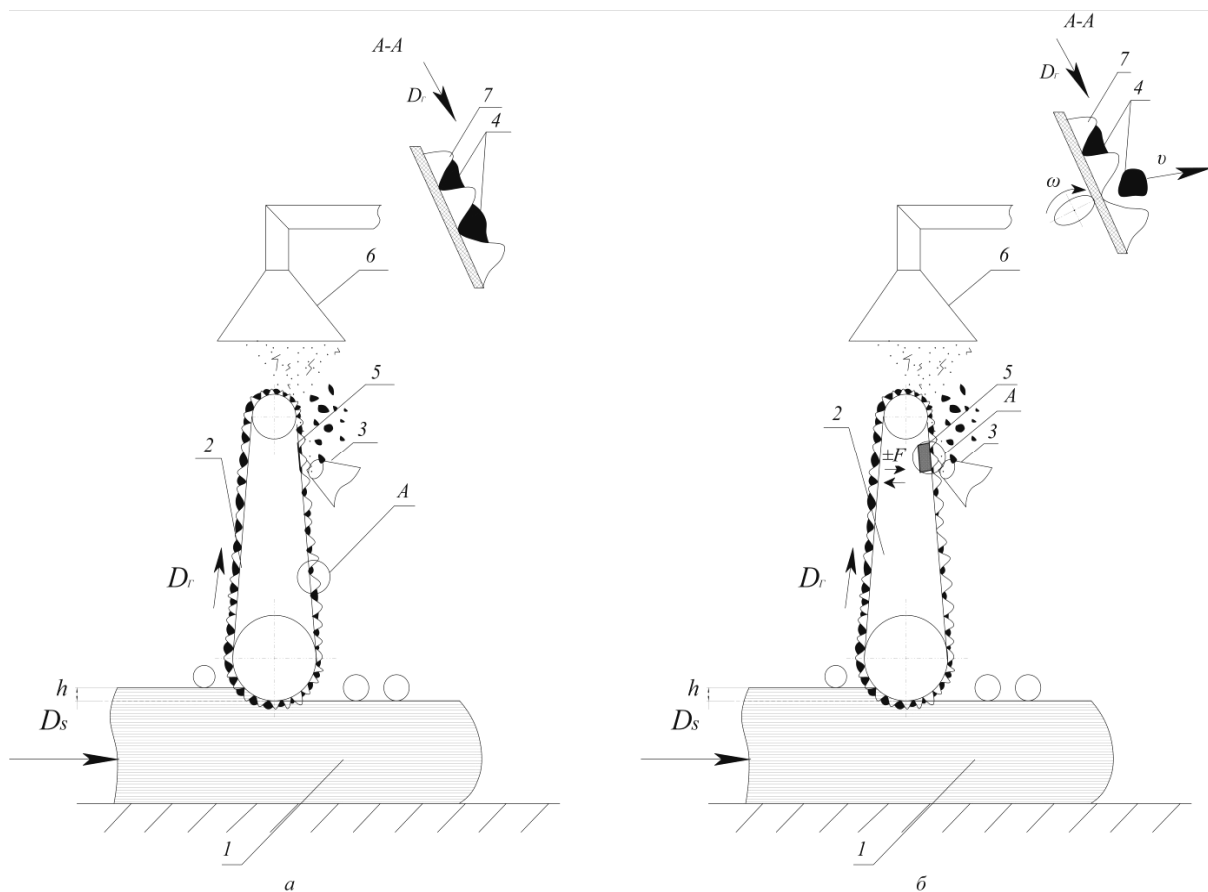


Рис. 2. Функциональная схема резания при шлифовании древесины:
 1 – обрабатываемый материал; 2 – шлифовальный узел; 3 – сопло;
 4 – продукт резания в межзубовой впадине; 5 – устройство;
 6 – эксгаустерная система; 7 – абразивные зерна

Различные формы устройства при удалении продуктов резания представлены на рисунке 3. Материал изготовления – текстолит, алюминий.

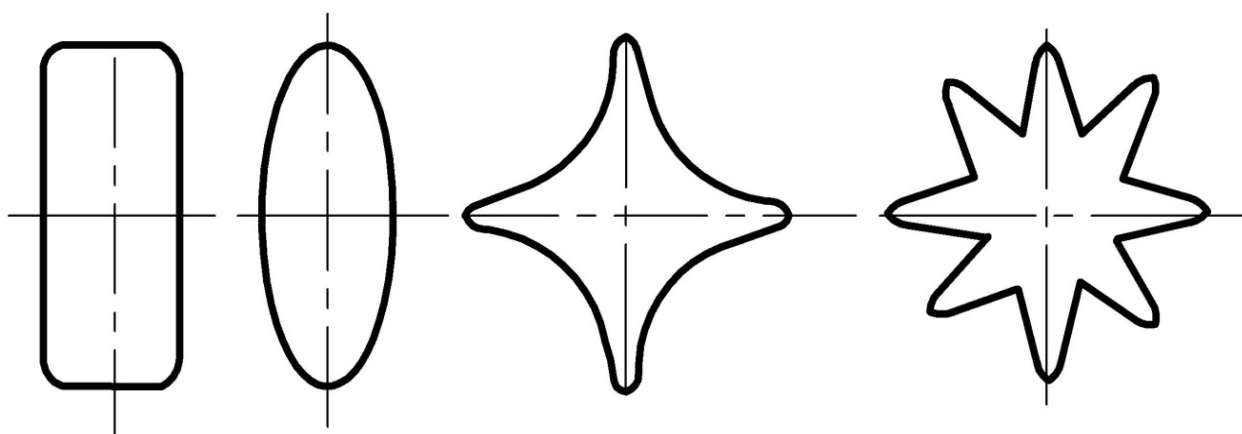


Рис. 3. Предлагаемые формы устройства для создания локальной периодической нагрузки

Задачей предлагаемой разработки является создание устройства, создающего циклические нагрузки на шлифовальную ленту.

Был проведен эксперимент, целью которого являлось нахождение нагрузки, необходимой для того, чтобы отделить продукт резания из межзубового пространства. Схема приспособления для проведения эксперимента представлена на рисунке 4. Суть эксперимента заключалась в следующем:

- образец шлифовальной ленты зернистостью Р80 и Р120, которая уже была заполнена продуктами резания 2, крепился на плоскую поверхность стола 5 таким образом, что клеевая основа не имела контакта с зерном;

- была взята партия опытных образцов различной площади 1, которые приклеивались к шлифовальной ленте и оставлялись на некоторое время для отверждения.

- с использованием динамометра 7, с определенным усилием опытные образцы различной площади отрывали от шлифовальной ленты с целью определения, какое усилие следует приложить к единице поверхности, например к 1 мм^2 , чтобы удалить продукт резания из межзернового пространства.

Для того чтобы обеспечить жесткость системы и одновременно со всей площади отрывать продукт резания, были сделаны направляющие 6. Если отрывать не одновременно со всей площади контакта, то получится усилие отрыва меньше.

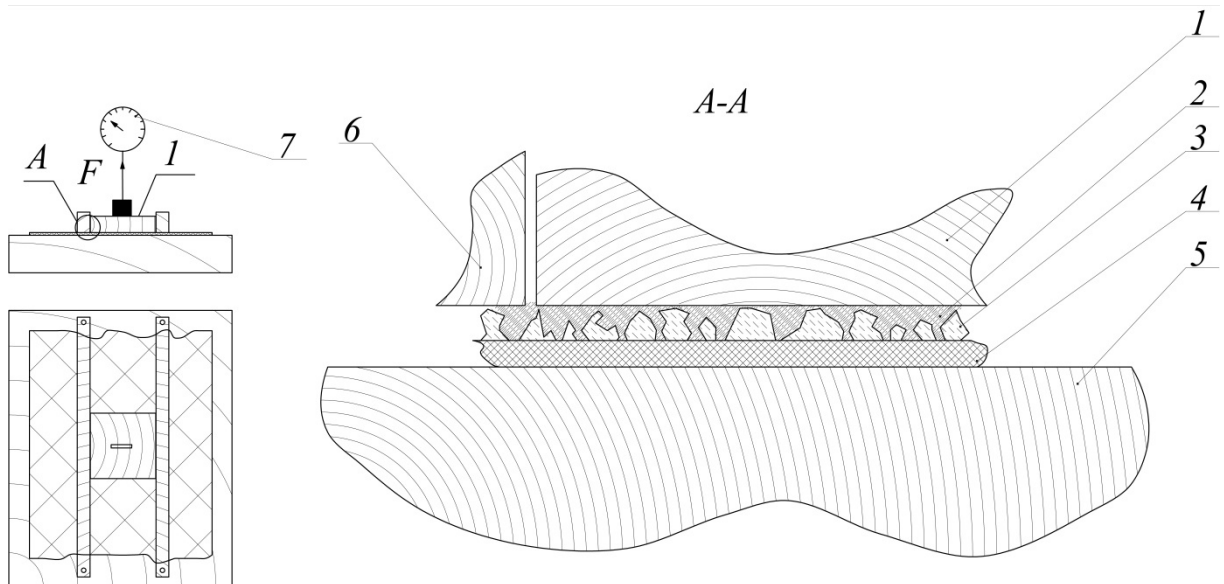


Рис. 4. Схема проведения эксперимента:

- 1 – основа для крепления шлифовальной ленты (с установленной площадью);
- 2 – продукт резания в межзубовом пространстве; 3 – зерно (абразив);
- 4 – основа шкурки; 5 – стол; 6 – базирующая линейка; 7 – динамометр

В результате проведения эксперимента при различной зернистости шлифовальной ленты и породы древесины были получены значения силы отрыва.

Результаты исследований, зависимости силы отрыва продуктов резания от площади (сосна) представлены на рисунках 5, 6. Результаты исследований, зависимости силы отрыва продуктов резания от площади (береза) представлены на рисунках 7, 8.

Для анализа удобнее пользоваться графиком, представленным на рисунке 9. Из графических зависимостей видно, что для зернистости Р120 требуется большее усилие, чем для зернистости Р80. Форма шлифовальной шкурки до и после очистки представлена на рисунке 10.

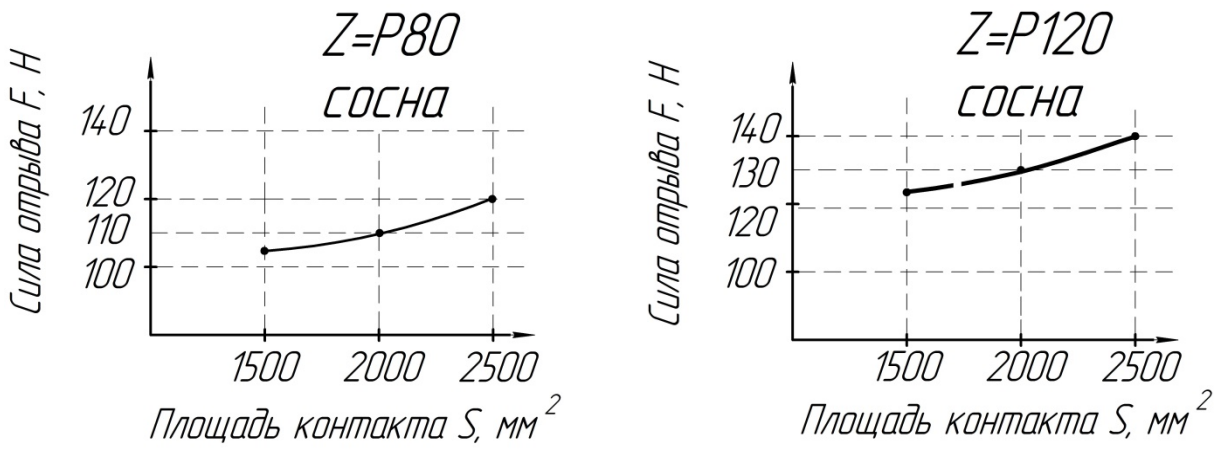


Рис. 5. Зависимость силы отрыва продуктов резания от площади контакта (сосна)

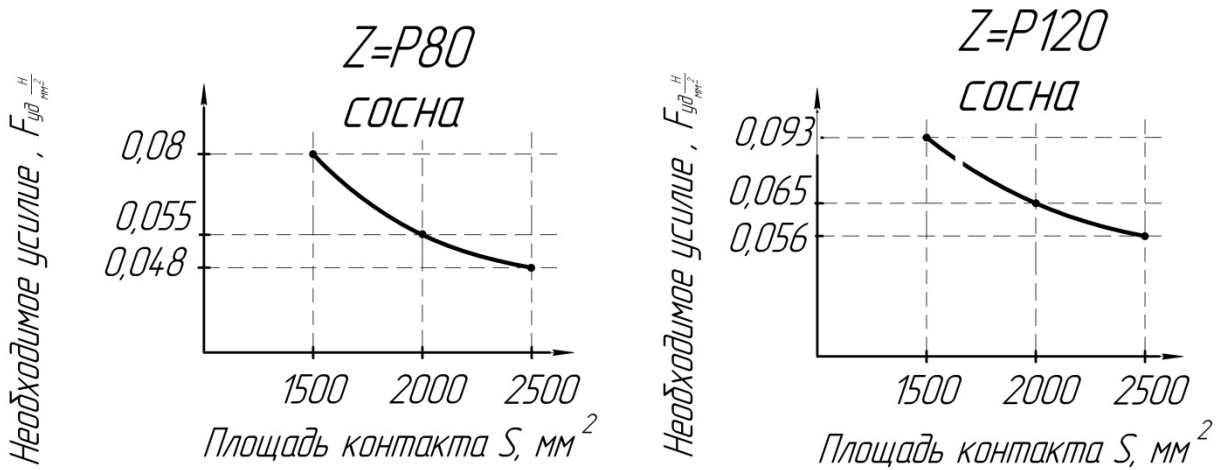


Рис. 6. Зависимость удельной силы отрыва продуктов резания от площади контакта (сосна)

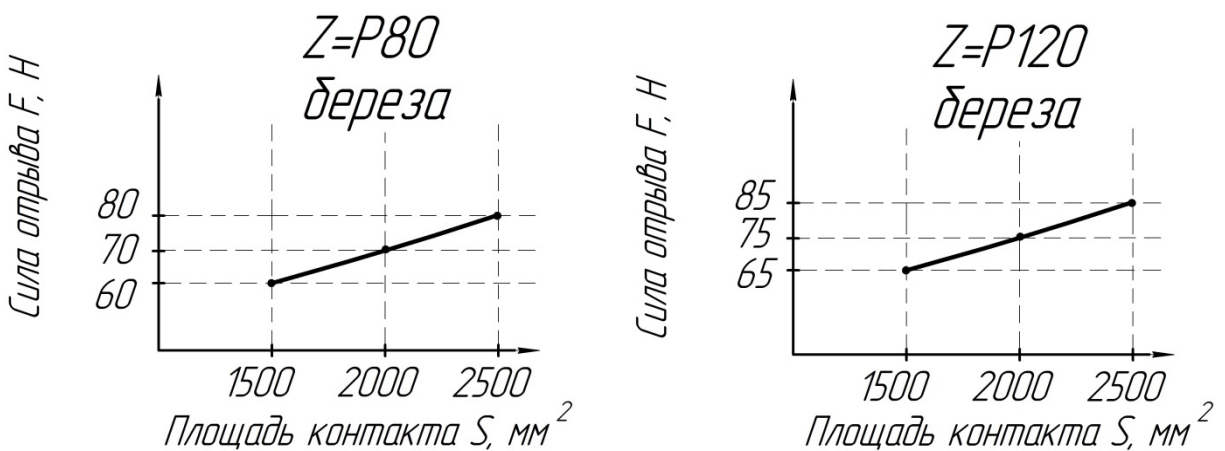


Рис. 7. Зависимость силы отрыва продуктов резания от площади контакта (береза)

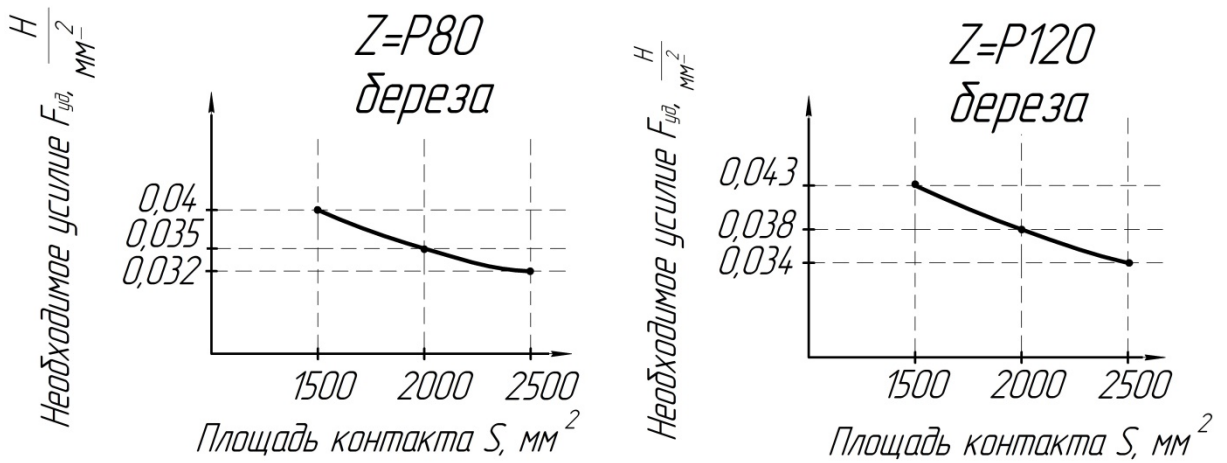


Рис. 8. Зависимость удельной силы отрыва продуктов резания от площади контакта (береза)

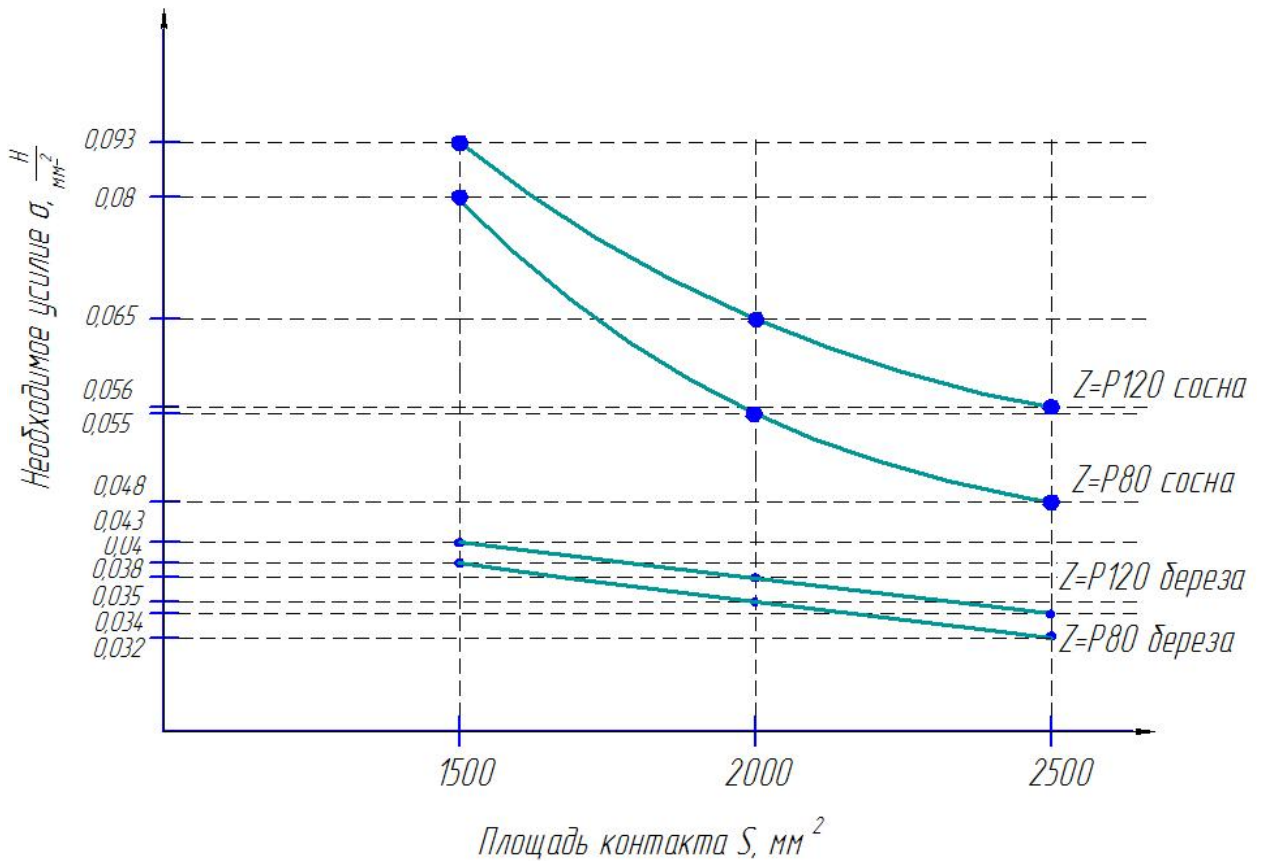


Рис. 9. Зависимость удельной силы отрыва продуктов резания от площади контакта



Рис. 10. Форма шлифовальной шкурки до и после очистки

Выводы

После проведения исследования можно сделать следующие выводы:

1. Усилие, необходимое для удаления продуктов резания из пространства между зернами, должно составлять для сосны не менее $0,093 \text{ Н/мм}^2$ и для березы не менее $0,043 \text{ Н/мм}^2$.
2. Для шлифовальной шкурки с меньшей фракции зерна P120 усилие отрыва больше чем с большей фракцией зерна P80.

УДК 674.053

А.С. Красиков

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), Krasikov47@e1.ru

ПИЛЕНИЕ ИСКРИВЛЕННЫХ БРУСЬЕВ НА МНОГОПИЛЬНЫХ СТАНКАХ

SAW-MILLING OF THE BENT BARS ON THE MULTI-SAWING MACHINE TOOLS

Рассмотрены вопросы криволинейного пиления искривлённых брусьев на линиях агрегатной переработки брёвен и многопильных станках. Предложена принципиальная технологическая схема многопильного станка для распиловки искривлённых брусьев.

Questions of the curvilinear saw-milling of the bent bars on the lines of the aggregate processing of logs and the multi-sawing machine tools are examined. The fundamental flow chart of multi-sawing machine tool for sawing of the bent bars is proposed.

Кривизна встречается в стволах деревьев всех пород и является наиболее частым пороком формы ствола. Она может быть односторонней или разносторонней.

Кривизна снижает выход пиломатериалов и служит причиной образования искусственного косослоя. В зависимости от вида кривизны и ее размеров снижается полезный выход пиломатериалов.

Чаще бревна имеют кривизну в одной плоскости и обычно при распиловке на лесопильном оборудовании первого ряда бревна укладывают кривизной вверх.

На оборудовании второго ряда двухкантный дугообразный брус распиливают прямолинейно (рис. 1) центрируя его по торцам 1, с диагональным смещением комлевой части 2 или с параллельным смещением бруса в сторону 3. Наиболее часто используется прямой диагональный раскрой брусьев.

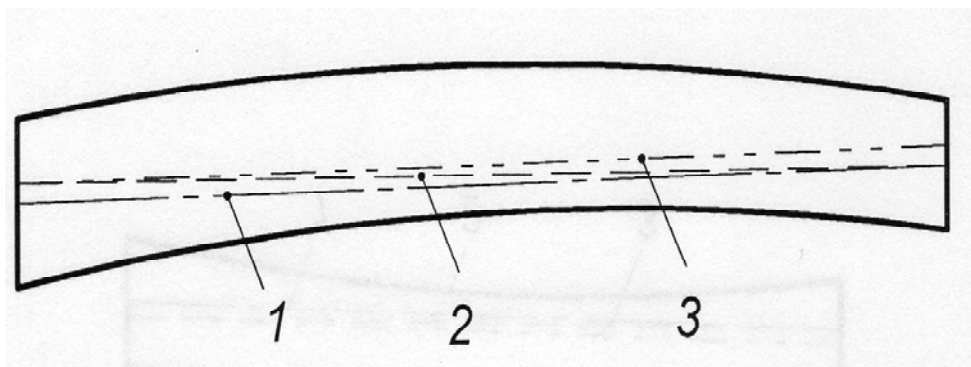


Рис. 1. Варианты центрирования двухкантного бруса при прямолинейной распиловке

В последние 20 лет находит всё большее применение раскрой искривленных брусьев по дуге. Такой способ распиловки известен более 100 лет и первоначально применялся при пилении на лесопильных рамах путём смещения торца в сторону на рамной тележке.

Криволинейное пиление в настоящее время осуществляется на сложных и дорогостоящих линиях переработки брёвен таких фирм, как USNR (США), Linck, EWD (Германия). На этих линиях бревно объёмно сканируется, и информация о диаметре, сбежистости и кривизне обрабатывается компьютером, который назначает режимы пиления и управляет базированием бревна во время распиловки.

Криволинейный раскрой брёвен позволяет повысить выход пиломатериалов при распиловке брёвен значительной кривизны, уменьшить обзолную часть досок, потому что траектория движения пил повторяет естественную форму бревна, а также повысить прочность пиломатериалов за счет уменьшения искусственного косослоя в выпиленных досках.

Увеличение процента выхода пиломатериалов при криволинейном раскрое в сравнении с прямым диагональным раскроем брусьев с кривизной 25 мм составляет, по данным профессора МГУЛ А.С. Воякина, 4 %*.

Как альтернатива сложным и дорогим линиям переработки бревен увеличение выхода пиломатериалов при распиловке искривленных брусьев может быть достигнуто и на сравнительно дешевых позиционных многопильных станках. Для этого пильный узел во время распиловки должен базироваться по боковым кромкам бруса, и траектория пропилов будет повторять естественную форму бруса. При реализации такого пиления необходимо учесть, что боковая кромка бруса может иметь дефекты, например, местные утолщения в районе сучков. Пильный узел при копировании формы бруса не должен реагировать на мелкие дефекты формы и резко менять положение.

Технологическая схема одного из возможных вариантов реализации криволинейного распила на многопильном станке, который предложен нами, показана на рисунке 2.

* Воякин А.С. Ценные проценты // Лесная индустрия. 2011. № 3 (41). С. 40–46.

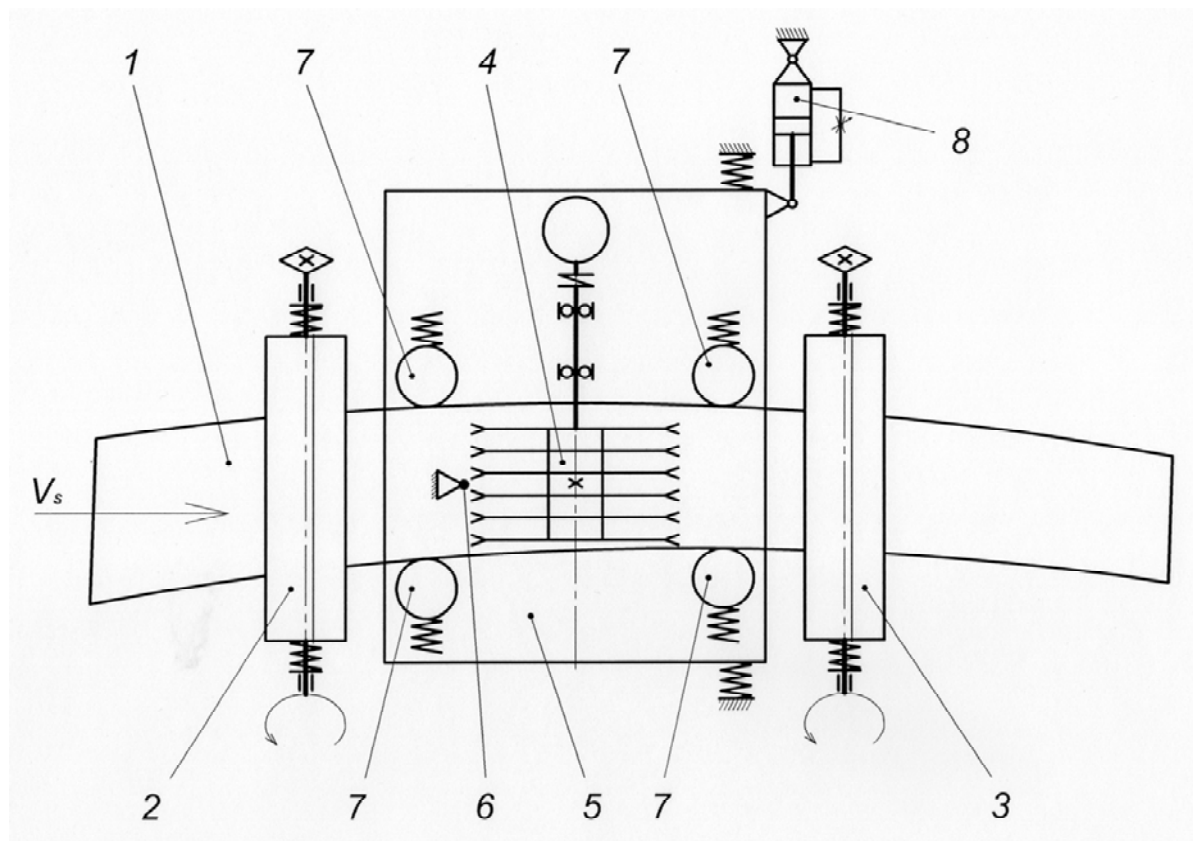


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема многопильного станка для пиления искривлённых брусьев

Двухкантный брус *1* подаётся к поставу круглых пил передними верхними и нижними подающими вальцами *2* и удаляется из станка задними вальцами *3*. Пильный узел *4* закреплён на суппорте *5*, который может поворачиваться на небольшой угол вокруг неподвижного центра *6* расположенного вблизи зоны резания. Для возврата в среднее положение после выхода бруса из пильного узла суппорт подпружинен.

Пильный узел базируется по боковым кромкам бруса с помощью четырёх подпружиненных неприводных вальцов *7*. Пильный узел при базировании может поворачиваться вокруг неподвижного центра *6*, и траектория пропила повторяет форму бруса. Передний и задний концы бруса могут смещаться в ту или иную сторону при поворотах суппорта во время базирования. Подающие вальцы установлены на шлицевом или шпоночном валу и не препятствуют такому смещению. Вальцы подпружинены в осевом направлении для возврата в среднее положение после выхода бруса из вальцов.

Для предотвращения резкого качания пильного суппорта при наличии дефектов на боковых поверхностях бруса или чрезвычайно больших искривлений бруса и, следовательно, заклинивания пил в пропиле предусмотрен гидроуспокоитель *8*. Скорость поворота суппорта может регулироваться дросселем, через который масло перетекает между полостями гидроуспокоителя.

Предложенная конструкция позволит повысить процент выхода пиломатериалов при криволинейном раскросе дугообразных и S-образных брусьев.

УДК 62-85:539.319

Л.Т. Раевская
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), smtm@usfeu.ru

**РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ РАБОЧЕЙ КАМЕРЫ
ШЕСТЕРЕННОГО ПНЕВМОМОТОРА**

**CALCULATION OF THE WORKING CHAMBER CROSS-SECTION
OF THE GEAR PNEUMOMOTORS**

В настоящей работе предлагается аналитический расчет изменения площади поперечного сечения рабочей камеры шестеренного косозубого пневмомотора. Этот расчет необходим для определения скорости изменения объема рабочей камеры.

We propose in this paper an analytical calculation of the change cross-section of the working chamber air motor helical gear. This calculation is needed to determine the rate of change of the working chamber volume.

Пневмодвигатель (пневмомотор) – машина, которая преобразует энергию сжатого воздуха в механическую работу. Пневмодвигатели часто применяют в качестве привода в условиях работы во взрывоопасных средах или там, где присутствует повышенная влажность. Используют их и для приводов различных инструментов (дрелей, гайковёртов, отбойных молотков, шлифовальных головок), обеспечивая безопасность работы в местах со скоплением газа, угольной пыли. В частности пневмомоторы шестеренные косозубые предназначены для привода различного горного оборудования. Некоторые технические характеристики шестеренных косозубых пневмомоторов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Технические характеристики некоторых шестеренных пневмодвигателей

	К18МФ	2К18МЛ	К30МФ	1К30МФ	1К45МФ
Номинальная мощность, кВт	18,5	18,5	30	30	45
Допустимое предельное отклонение мощности, %, не более	+10 -5	+10 -18	+10 -5	+10 -10	+10 -5
Номинальная частота вращения выходного вала, 1/с	25	25	25	25	16
Номинальный расход воздуха, м ³ /мин	20,9	20,9	32,5	32,5	48,7
Допустимое предельное отклонение расхода, %, не более	+15	+28	+15	+20	+15
Номинальное давление, воздуха, МПа	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Основные работы, связанные с совершенствованием конструкции пневмомоторов, повышением их надежности, долговечности, ремонтпригодности, а также с исследованием моторов как сложной газо-механической динамической системы сводятся к трем основным направлениям:

1. Совершенствование конструкции пневмомоторов с целью повышения их качества, надежности, долговечности и улучшения санитарно-гигиенических и экологических характеристик [1–3].

2. Изучение и оценка нагруженности пневмомоторов, как основы для прочностного и усталостного расчета их узлов и деталей [4–5].

3. Теоретическое исследование процессов (газодинамических, механодинамических), протекающих в пневмомоторах и влияющих на них, режимов работы и отдельных конструктивных параметров [6–7].

В настоящей работе предлагается аналитический расчет изменения площади поперечного сечения рабочей камеры шестеренного косозубого пневмомотора серии К18.

Упрощенная схема шестеренного пневмомотора – две одинаковые шестерни, находящиеся в зацеплении и вращающиеся с одинаковой скоростью $\omega = 25 \text{ с}^{-1}$. При погружении зуба одной шестерни во впадину другой изменяется объем рабочей камеры. Чтобы определить, какова скорость изменения объема рабочей камеры, надо определить, как именно меняется объем впадины при зацеплении, по какому закону.

Математически это сводится к: 1) определению площади, образуемой контуром зуба одной шестерни и дугой окружности вершин, находящейся над впадиной другой шестерни (рис. 1); 2) вычислению зависимости этой площади от времени; 3) определению разности между площадью впадины и площадью, образованной пересечением дуги окружности вершин и зуба.

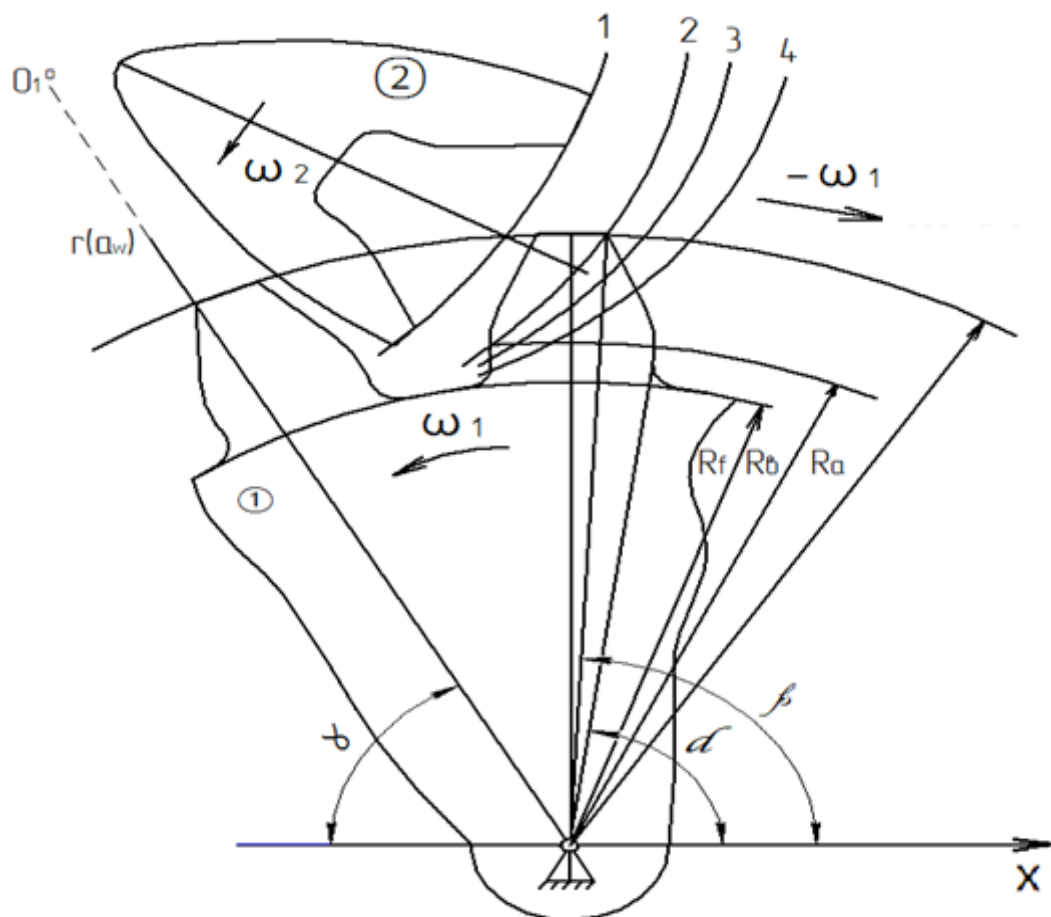


Рис. 1. Схема к расчету

Работа проводилась применительно к шестеренным косозубым пневмомоторам К-18А-25. Эти пневмомоторы имеют следующие технические характеристики: номинальная мощность – 18,5 кВт, номинальная частота вращения выходного вала – 250 об/мин.

Номинальный расход воздуха – $20,9 \text{ м}^3/\text{мин}$, допустимое предельное отклонение мощности не более $10(-5) \%$, допустимое предельное отклонение расхода воздуха – 15% . Техническая характеристика ротора: модуль – 10 мм , число зубьев – 14 , угол наклона зубьев – 6° , исходный контур соответствует ГОСТу 13755-81, коэффициент смещения – $0,25$, диаметр основной окружности – $132,2 \text{ мм}$, высота зуба – $24,14 \text{ мм}$.

Обозначения, введенные на рис. 1, имеют следующий смысл и значение: R_f – радиус окружности впадин, равный $60,4 \text{ мм}$; R_b – радиус основной окружности ($66,1 \text{ мм}$); R_a – радиус окружности вершин зубьев ($84,5 \text{ мм}$); α – угол между отрезком, проведенным из точки O (шарнир на рис. 1) в начальную точку правой эвольвенты зуба, и осью X ; β – угол между отрезком, проведенным из точки O в конечную точку правой эвольвенты зуба и осью X ; γ – угол между отрицательной полуосью X и отрезком, соединяющим центры шестерен (r), в момент касания ($t = 0$) зуба и дуги впадины, $\gamma_0 = 58^\circ$; при дальнейшем взаимодействии зуба и впадины этот угол увеличивается на величину ωt до тех пор, пока $\gamma_0 + \omega t$ не станет равным $\pi/2$. Это произойдет в тот момент, когда центры обеих шестерен окажутся на одной вертикали, в тот же момент время t будет равно половине времени взаимодействия зуба и впадины ($t = 37 \cdot 10^{-4} \text{ с}$); линии – 1, 2, 3, 4 – несколько положений дуги окружности головки впадины, скользящей по поверхности зуба.

При решении задачи использовали принцип обращенного движения. Для этого первую шестерню мысленно останавливали. Рассматривался неподвижный зуб этой шестерни (рис. 2), на который надвигалась впадина другой шестерни. Центр первой шестерни – точка O (шарнир на рис. 1) – начало отсчета координат всех точек контура.

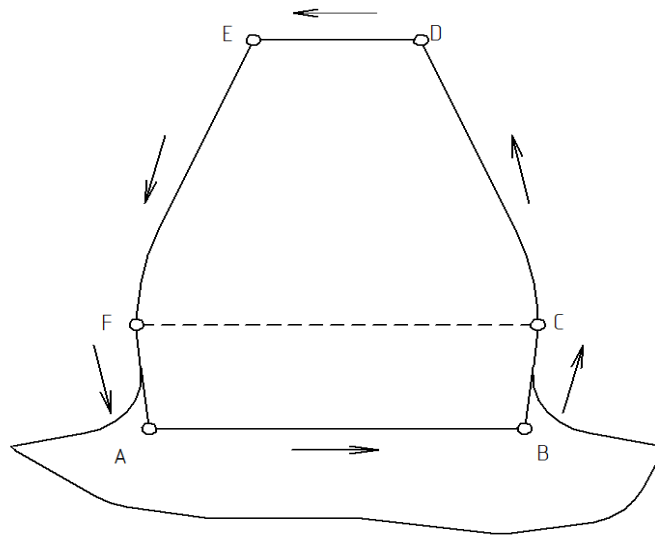


Рис. 2. Контур интегрирования для расчета площади зуба.
Стрелками показано направление обхода контура при интегрировании

С этой точкой связана неподвижная система отсчета X, Y . Центр второй шестерни движется вокруг точки O по окружности радиуса $r = R_a + R_f$ ($144,9 \text{ мм}$) с угловой скоростью $\omega = 25 \text{ с}^{-1}$ по часовой стрелке. Это угловая скорость вращения шестерен пневмомотора. Кроме того, вторая шестерня вращается вокруг своего центра по часовой стрелке с угловой скоростью $\omega = 25 \text{ с}^{-1}$. С центром второй шестерни связана подвижная система отсчета, которая движется поступательно с осями, параллельными относительно OX, OY .

Определение площади, образованной пересечением дуги границы впадины (дуга AB) и зуба проводилось с помощью криволинейных интегралов по замкнутому контуру, состоящему из отдельных участков. Уравнения различных участков контура

интегрирования задавались в параметрическом виде. Интеграл по замкнутому контуру вычислялся как сумма интегралов типа

$$S_{AB} = \int_{t_A}^{t_B} x(t)y'(t)dt - y(t)x'(t)dt,$$

взятых по отдельным участкам контура, где S_{AB} – криволинейный интеграл по участку AB ; t_A, t_B – значения параметров в точках пересечения A, B , $x(t), y(t)$ – параметрические уравнения отдельных частей контура интегрирования; $x'(t), y'(t)$ – производные по параметру t .

При расчете площади учитывалось, что при движении шестерен контур интегрирования видоизменялся и приходилось интегрировать по контурам пяти типов, образованным эвольвентами (левой или правой частями) и дугами соответствующих окружностей (рис. 3).

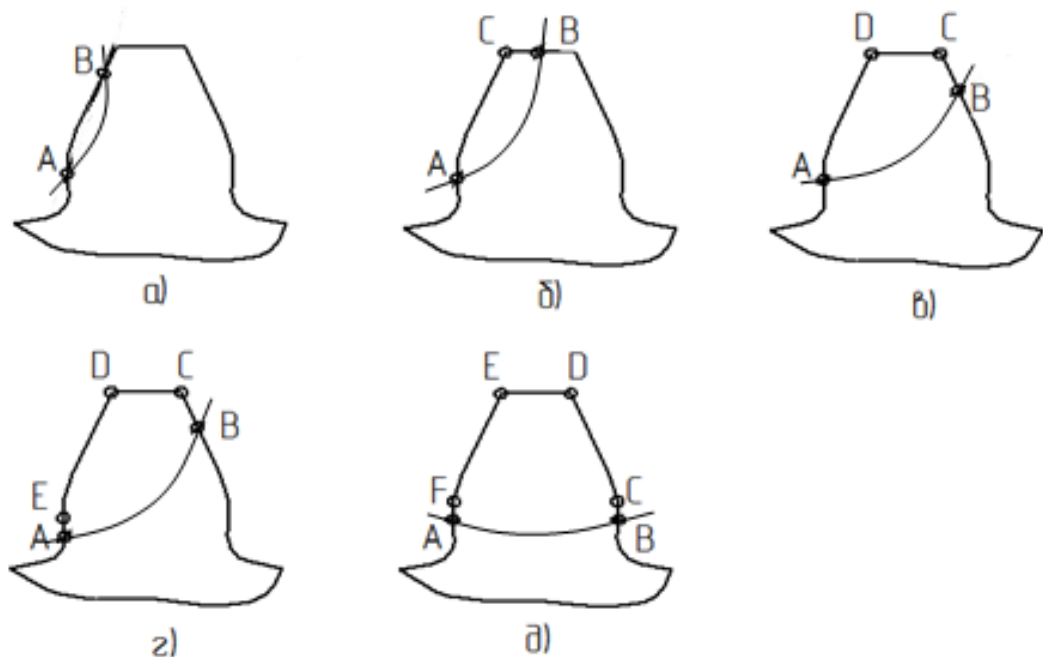


Рис. 3. Контурные интегрирования

Были сделаны следующие приближения:

1. Не была учтена коррекция, что дает несколько заниженные значения радиусов R_a, R_b, R_f . Так как учет коррекции изменит R_i на 4 %, то в первоначальном расчете она не учитывалась.

2. Коэффициент перекрытия был принят равным единице $\varepsilon = 1$ с тем, чтобы получить прежде всего качественные изменения площади впадины при зацеплении.

3. Было принято, что впадина ограничена дугой окружности вершин, хотя, конечно, форма границы зависит от характера вещества, заполняющего впадину. Для различных материалов форма вещества, заполняющего впадину (имеется в виду свободная поверхность), будет различна, но это легко учесть в конечном расчете.

4. Делался расчет изменения площади впадины, а не объема, так как характер изменения площади и объема от времени одинаков. Для определения объема рабочей камеры угол наклона зубьев, составляющий 6° (так как шестерни косозубые) не учитывался.

5. Не учитывались утечки воздуха в рабочих камерах.

Площади пересечения, рассчитанные аналитически, и остаточные площади впадины $S_{ост}$, рассчитанные как разность $S_{ост} = S_{впад} - S_n$, приведены в табл. 2.

В интервале от $t = 1 \cdot 10^{-4}$ до $t = 7 \cdot 10^{-4}$ с данные получены с шагом $\Delta t = 2 \cdot 10^{-4}$ с. Начиная с момента $t = 7 \cdot 10^{-4}$ с (в этот момент дуга окружности впадины пересекает точку, где стыкуются левая эвольвента и отрезок, ограничивающий ножку зуба слева, здесь взята точка с шагом $\Delta t = 1 \cdot 10^{-4}$ с), взят больший шаг $\Delta t = 5 \cdot 10^{-4} \dots 4 \cdot 10^{-4}$ с.

Таблица 2

Площади пересечения и остаточные площади впадины
для некоторых моментов времени

$t,$ 10^{-4} с	1	3	5	7	8	12	16	20	24	28
$S_n,$ мм ²	10	30	26	51	51	196	225	234	234	245
$S_{ост},$ мм ²	455	435	439	414	296	240	240	228	228	220

Получены аналитические выражения и проведен расчет площадей поперечных сечений рабочих камер, образованных зубьями рабочих шестерен. И хотя мы не учитывали коэффициент перекрытия и коррекцию зацепления, проведенная оценка показала, что погрешность этого допущения невелика.

Библиографический список

1. Таугер М.Б. Об эффективности некоторых способов снижения шума пневмомоторов ДАР / М.Б. Таугер // Сб. трудов НИПИГормаша: Горные машины. Конструкция, расчет и исследование горных машин. – Вып. 20; под ред. докт. техн. наук Д.Т. Анкудинова. – Свердловск, 1991. – С. 204–210.
2. Раевская Л.Т. Сечение поршня и расчет напряжений / Л.Т. Раевская // Вестник ИЖГТУ. – № 2(46). – 2010 г. – Ижевск. – С. 4–7.
3. Анкудинов Д.Т. Влияние числа и схемы установки поршней пневмомоторов типа ДАР на их параметры / Д.Т. Анкудинов, Л.Т. Раевская, М.Б. Таугер // Пневматика и гидравлика. Приводы и системы управления: сб. науч. статей. – Вып. 15; под общ. ред. докт. техн. наук Е.В. Герц. – М.: Машиностроение. – 1990. – С. 14–24.
4. Анкудинов Д.Т. Динамическая нагруженность многоцилиндровых аксиально-реверсивных пневмомоторов: тезисы докладов. – Часть I / Д.Т. Анкудинов, Л.Т. Раевская, М.Б. Таугер // Пневматика и гидравлика. Всесоюзное совещание. – Суздаль. Апрель 1990. – М., 1990. – С. 40–41.
5. Раевская Л.Т. Нагруженность аксиально-поршневых пневмомоторов / Л.Т. Раевская, Д.Т. Анкудинов // Формирование лесного регионального кластера: социально-экономические и экологические проблемы и перспективы лесного комплекса: матер. VIII Междунар. научн.-техн. конф. – Екатеринбург, УГЛТУ. – 2011. – С. 18–20.
6. Гилев П.А. Рациональная геометрия конструкции / П.А. Гилев, Л.Т. Раевская // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: мат-лы V Всерос. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2009. – Ч 1. – С. 348–349.
7. Раевская Л.Т. Характеристики вибраций деталей пневмодвигателя / Л.Т. Раевская // Вестник ИЖГТУ. – № 2 (58). – 2013. – Ижевск. – С. 16–19.

УДК 621.914:674:004

В.В. Раповец, А.А. Гришкевич
(БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь);

С.В. Медведев, Г.Г. Иванец
(ОИПИ НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь), slavyan_r@mail.ru

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ В ПАКЕТЕ LS-DYNA

THE METHODOLOGY OF MODELING DURING MACHINING OF WOOD MATERIALS BY MILLING IN THE SOFT LS-DYNA

В статье изложены особенности процессов высокоскоростной механической обработки древесных материалов, представлены условия и область применения методики моделирования, обобщенной (ALE), гидродинамической, с использованием SPH-элементов, в пакете LS-DYNA, исходя из формулировок Лагранжа, Эйлера

The article describe the features of high-speed machining of wood materials, presents the conditions and the scope of the modeling technique, the generalized (ALE) hydrodynamics using SPH-elements in the package LS-DYNA, based on the formulations of Lagrange and Euler.

К настоящему времени в Республике Беларусь для механической обработки различных древесных материалов и древесины используется в основном импортный дереворежущий инструмент. Постоянное увеличение номенклатуры обрабатываемых материалов на основе древесины, интенсификация условий работы деревообрабатывающего оборудования требует оптимизации конструкций применяемых режущих инструментов и режимов их эксплуатации с учетом основных технико-экономических факторов.

Особенностью механической обработки древесины и древесных материалов является то обстоятельство, что данный процесс протекает достаточно быстро (время взаимодействия режущей кромки инструмента с материалом менее 0,001 с). Высокие частота вращения режущих инструментов (до 40000 мин⁻¹) и скорость подачи (более 80 м/мин) при обработке материалов требуют применения дорогостоящей высокоточной измерительной и регистрирующей аппаратуры.

Ранее установлено, что в контактной области при резании древесных материалов возникают деформационные нагрузки до 2,5 кН, высокие температуры до 1200 К, которые в значительной степени зависят от конструкции инструмента и технологических режимов его эксплуатации. Такие нагрузки и температура способствуют интенсивному разрушению поверхностного слоя дорогостоящего инструмента, что приводит к быстрой потере им режущей способности, а в некоторых случаях и к полному его разрушению без возможности восстановления.

Для оптимизации конструкторско-технологических параметров режущего инструмента, разработки методов расчета основных показателей (силовых, параметров износа и т.д.) процесса высокоскоростной механической обработки древесных материалов в настоящее время проводятся дорогостоящие лабораторные и промышленные исследования, связанные с длительностью протекания эксперимента и дальнейшей трудоемкой обработкой большого массива полученных данных.

Моделирование высокоскоростных процессов механической обработки древесных материалов лезвийным инструментом в пакете LS-DYNA с расчетом параметров модели позволяет создавать новые энергоэффективные конструкции дереворежущих инструментов и обосновывать оптимальные режимы их эксплуатации.

При постановке подобного рода задач возможно применение различных описаний сплошной среды: Лагранжевого, Эйлеравого или обобщенного на основе Лагранжево–Эйлерового описания (Arbitrary Lagrangian–Eulerian, ALE).

В Лагранжевом подходе для описания поведения сплошной среды расчетная сетка движется и деформируется вместе с материалом. Область применения Лагранжевых решателей ограничивается задачами со сложными граничными условиями. Формулировка Лагранжа используется в основном для моделирования твердых тел. В данной формулировке упрощается наложение граничных условий, так как граничные узлы всегда совпадают с границами материала. Основным недостатком является возможность получения неточных результатов, так как в случае, если материал имеет возможность больших деформаций, следовательно, и сетка будет деформироваться настолько сильно, что это приведет к неадекватности расчетов, как показано на рисунке 1.

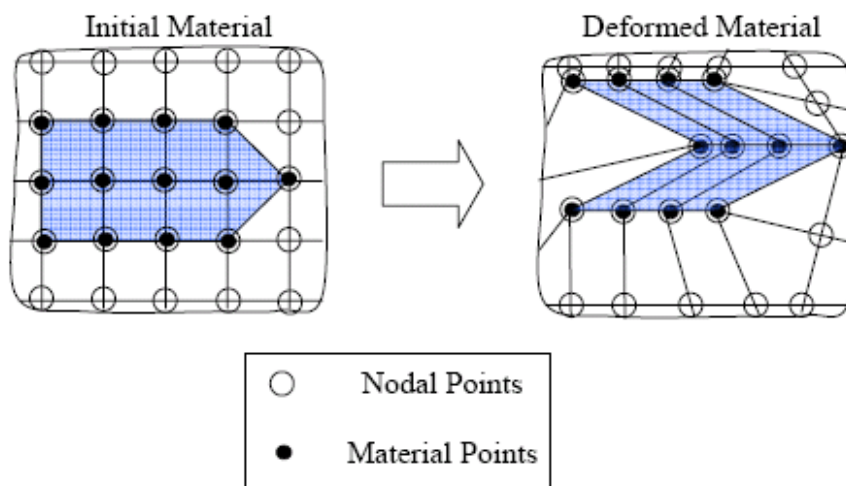


Рис. 1. Схема деформации расчетной сетки по методу Лагранжа

Несмотря на указанный недостаток, моделирование с формулировкой Лагранжа применяется достаточно широко в практике конечно-элементных расчетов для исследования процесса формирования стружки [1–5].

В формулировке Эйлера узлы сетки остаются в фиксированном положении, а материал при моделировании течет через сетку (рис. 2). Метод Эйлера применяется в основном для моделирования жидкостей, но может применяться и для создания моделей твердых тел.

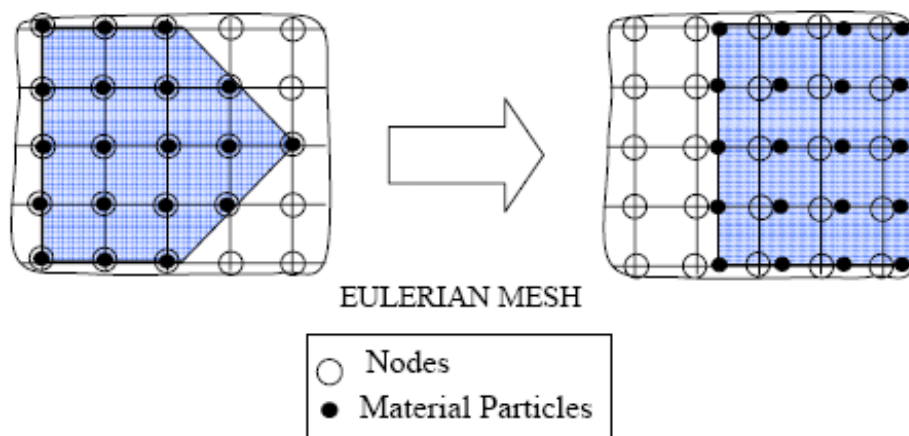


Рис. 2. Постановка задачи по методу Эйлера

Формулировка Эйлера широко применяется для определения температур в зоне резания [6]. Практически моделируется только первоначальный момент формирования стружки (0,015 с), как видно из рисунка 3, из-за больших потребностей в вычислительных ресурсах.

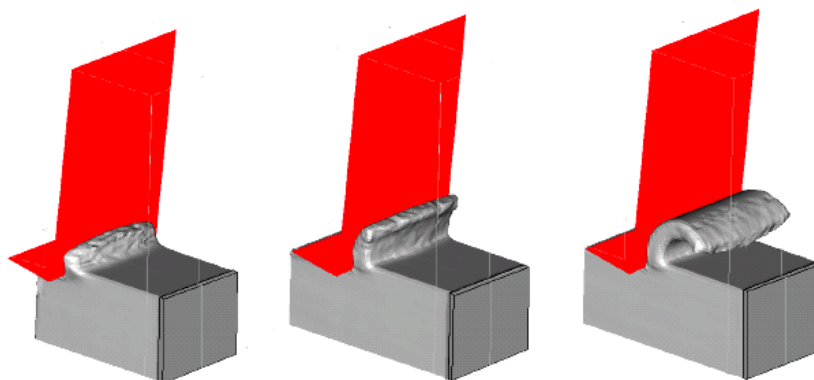


Рис. 3. Моделирование процесса образования стружки в формулировке Эйлера

Обобщенная постановка Arbitrary Lagrange–Eulerian (ALE) является комбинацией вышеприведенных двух постановок. В ALE-постановке пользователь сам определяет движение сетки с целью минимизации ее искажений. Поэтому для данной формулировки требуется высокий уровень пользователя. Исследования по моделированию процессов механической обработки материалов фрезерованием в ALE-формулировке проводятся французскими учеными [7] (рис. 4).

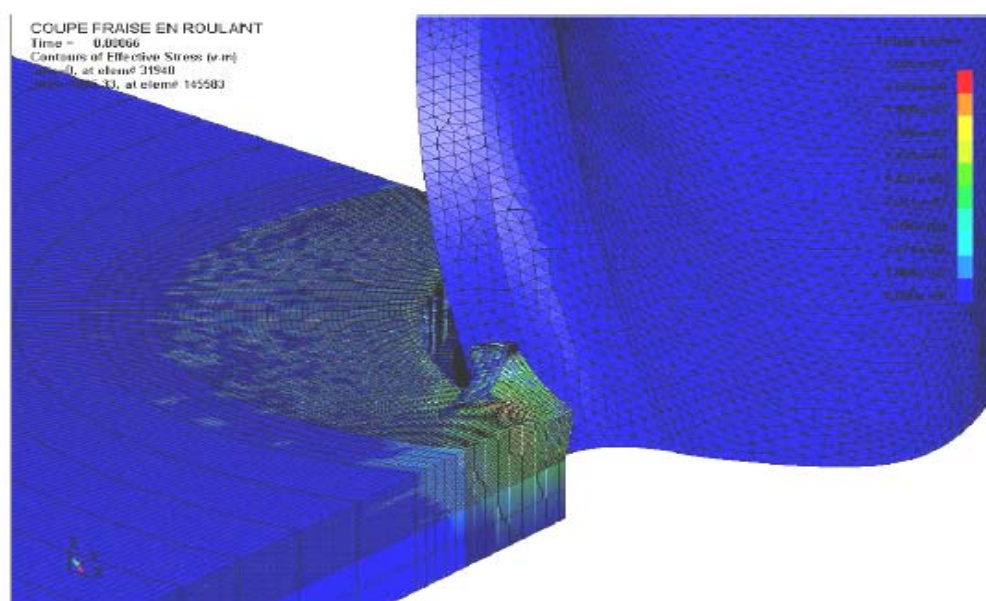


Рис. 4. Моделирование процессов механической обработки материалов фрезерованием в ALE-формулировке

К гидромеханическому виду модели относится формулировка задачи с использованием гладких частиц Smooth Particle Hydrodynamics (SPH). SPH-элементы рассматриваются как центры масс объемных элементов. С помощью коэффициентов материала и характеристик SPH-элементов в граничных условиях описывается поведение вязкой среды, в которой находятся точки, обладающие заданной массой. В отличие от модели с твердотельным представлением, в модели, основанной на SPH-элементах, допускается большое относительное перемещение узлов друг относительно друга.

Известны исследования при механической обработке материалов со стружкообразованием (рис. 5) и применение таких моделей датскими учеными [8].

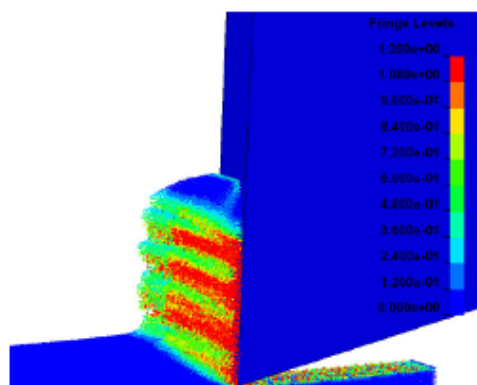


Рис. 5. Моделирование стружкообразования с использованием SPH-элементов

Недостаток формулировок Эйлера, ALE, гидродинамической с использованием SPH-элементов состоит в том, что они позволяют моделировать непродолжительные промежутки времени процесса резания. Поэтому для задач, в которых требуется исследовать процесс обработки заготовки в целом, например, обработку заготовки на станке с ЧПУ, концевой фрезой с пластическими деформациями в зоне резания [8], применяется Лагранжевая формулировка задачи с удалением элементов с поверхностей объектов, взаимодействующих друг с другом за счет применения карты CONTACT_ERODING_NODES_TO_SURFACE (рис. 6).

LS-DYNA KEYWORD DECK BY LS-PREPOST
 Time = 0.0025
 Contours of Effective Plastic Strain
 max ipt. value
 min=0, at elem# 1
 max=0.174201, at elem# 7299

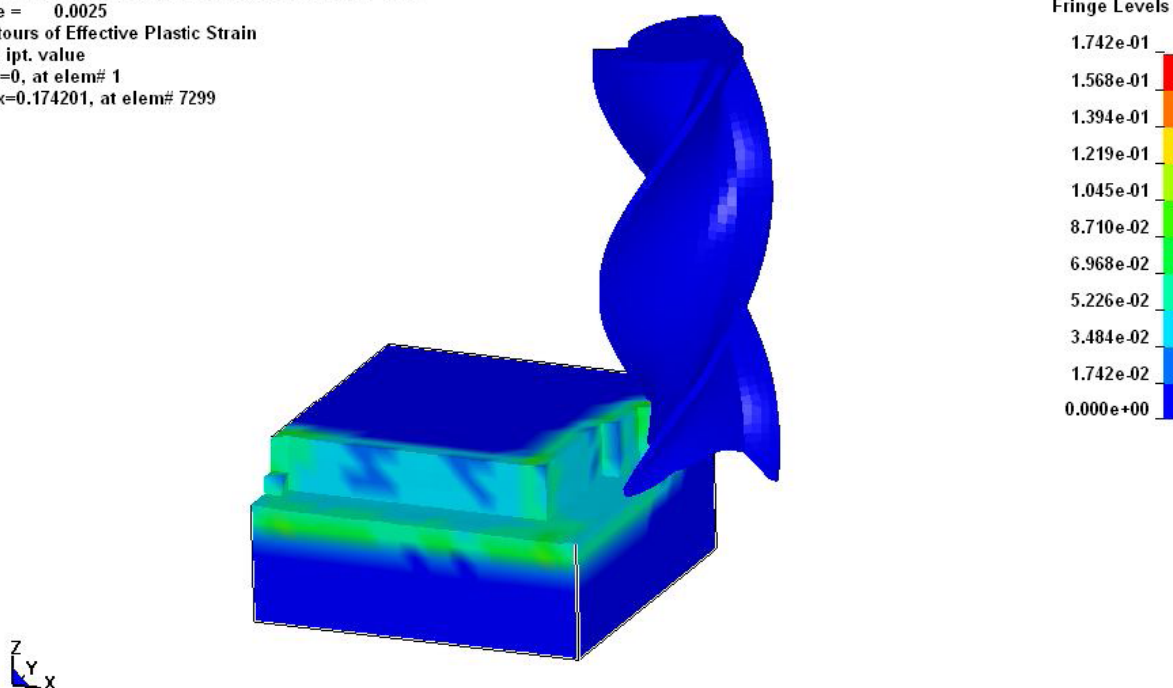


Рис. 6. Схема пластических деформаций в зоне резания концевой фрезой

Общая расчетная схема методики моделирования процесса фрезерования материала концевым режущим инструментом, представленная в работе [8], показана на рисунке 7.

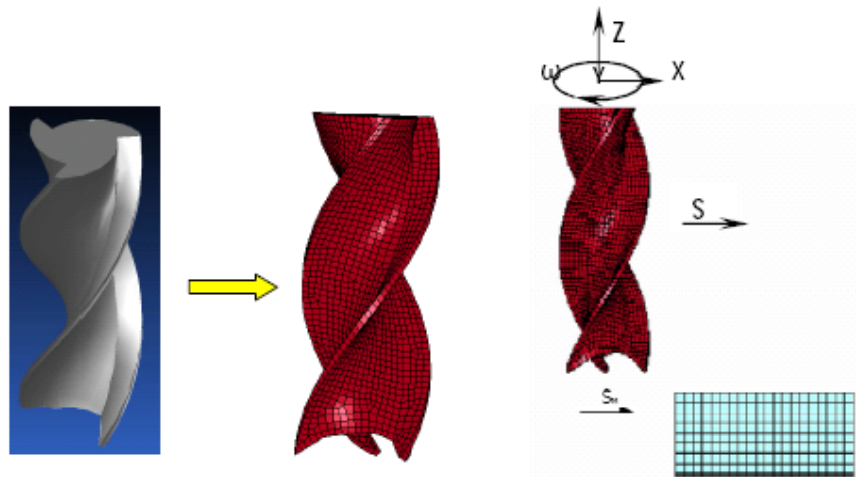


Рис. 7. Общая расчетная схема методики моделирования процесса фрезерования материала концевым режущим инструментом

Согласно представленной методике подготовка расчетной модели состоит из последующих этапов:

- в CAD-системе создается геометрическая модель режущего инструмента;
- на основе созданной геометрической модели генерируется конечно-элементная сетка;
- конечно-элементная модель заготовки строится в пакете LS-PrePost;
- задаются режимы резания с помощью карт граничных условий;
- определяются коэффициенты математической модели процесса резания с помощью карт материала и карт контактов.

Такая методика применима для исследований изменения состояния заготовки в процессе механической обработки. В этом случае режущий инструмент является абсолютно жестким телом. Свойства инструмента задаются картой `*MAT_RIGID`. Тогда поступательное движение задается картами `*BOUNDARY_PRESCRIBED_MOTION_RIGID` и `*DEFINE_CURVE`, а вращательное – картами `*BOUNDARY_PRESCRIBED_MOTION_RIGID_LOCAL`, `*DEFINE_COORDINATE_NODES` и `*DEFINE_CURVE`. Карты привязываются к центру масс абсолютно жесткого инструмента.

При исследовании конечно-элементной модели поведение системы «инструмент–заготовка» может изменяться, как показано в расчетной схеме, путем ввода вспомогательного инструмента (рис. 8).

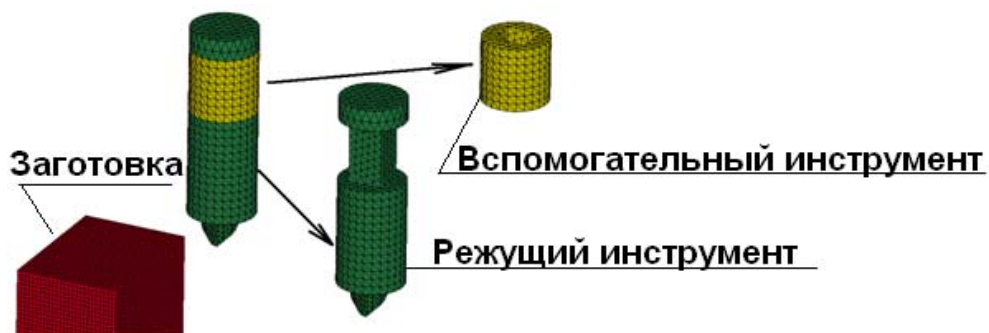


Рис. 8. Конечно-элементная модель системы «инструмент–заготовка»

В предложенной расчетной схеме абсолютно жестким является вспомогательный инструмент. Законы поступательного и вращательного движения задаются для вспомогательного инструмента. Режущий инструмент в этом случае описывается картой с параметрами, определяющими физические свойства материала режущей части. Простейшей является карта для материала *MAT_ELASTIC (плотность, модуль упругости, коэффициент Пуассона).

Движение вспомогательного инструмента фрезе передается через контакт, заданный картами *CONTROL_CONTACT и *CONTACT_AUTOMATIC_SURFACE_TO_SURFACE_ID.

Фиксация заготовки в приспособлении задается путем определения набора неподвижных узлов (например, дна заготовки) и карты *BOUNDARY_SPC_SET.

Важным моментом является определение математической модели, по которой происходит расчет состояния системы «режущий инструмент–заготовка» (модель материала заготовки, модель контакта). В литературном источнике [8] в качестве материала заготовки была выбрана модель PIECEWISE_LINEAR_PLASTICITY. Данный тип материала – эластично-пластичный. Он учитывает напряжения и деформации, возникающие в материале при силовом нагружении. Система позволяет задать условия разрушения материала в зависимости от пластических деформаций или временной функции. В случае отсутствия данных по физико-механическим свойствам материалов можно использовать модель *MAT_PLASTIC_KINEMATIC, подобрав вычислительным путем значения коэффициента FS (деформацию разрушения для элементов). Значения коэффициентов E (модуля упругости), sigy (предела текучести), etan (касательного модуля) берутся из технических справочников механических свойств материалов. Условия контакта инструмента с металлом определяются картой CONTACT_ERODING_NODES_TO_SURFACE. После подготовки исходного key-файла выполняется расчет в пакете LS-DYNA.

Выводы

Рассмотренные методики моделирования процессов в пакете LS-DYNA с формулировками Лагранжа, Эйлера, обобщенной ALE, гидродинамической с использованием SPH-элементов имеют свои отличительные особенности и область применения. Для получения достоверных моделей, максимально близких при воспроизведении к реальному процессу высокоскоростной лезвийной обработки анизотропных древесных материалов при постановке задачи предпочтительно использовать формулировку Лагранжа. При этом необходимо проводить значительный объем суперкомпьютерных вычислений и сравнивать их с результатами экспериментальных исследований, осуществляя корректировку созданной модели.

Библиографический список

1. Ceretti E. Application of 2D FEM to chip formation in orthogonal cutting / E. Ceretti, P. Fallbohmer, W.T. Wu, T.R. Atlan // Journal of materials processing technology. – 1996. – Pp. 169–180.
2. Marusich T.D. Modelling and simulations of high-speed machining / T.D. Marusich, M. Ortiz // International journal for numerical methods in engineering. – 1995. – Pp. 3675–3694.
3. Huang J.M. An evaluation of chip separation criteria for FEM simulation of machining / J.M. Huang, J.T. Black // Journal of manufacturing science and engineering. – 1996. – Pp. 545–554.
4. Zhang B. Finite element simulation of chip formation and comparasion with machining experiment / B. Zhang, A. Baghi // Journal of engineering for industry. – 1995. – Pp. 289–297.

5. Kompovopoulos K. Finite element modelling of orthogonal metal cutting / K. Kompovopoulos, S.A. Erpenbeck // Journal of engineering for industry. – 1991. – Pp. 253–267.

6. Raczy A. An eulerian finite element model of the metal cutting process / A. Raczy [et. al.] // 8th International LS-DYNA users conference. – URL: <http://www.dynalook.com/international-conf-2004/09-2.pdf>.

7. Experiments and FEM simulations of milling performed to identify material parameters / A. Maurel, M. Fontaine, S. Thibaud1 [et. al.] // Proceedings of the 11th ESAFORM conference on material forming, Lyon (France), 23–25 April 2008.

8. Медведев Ф.В. Моделирование динамики концевое фрезерования / В.Ф. Медведев, Б.Б. Пономарев, Е.А. Черемных. – URL: http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Ptsm/2009_38/139-142.pdf.

УДК 674.053

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

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КАЛИБРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МАССИВНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

TO CALCULATION OF PRODUCTIVITY OF TECHNOLOGICAL SYSTEM OF CALIBRATION OF PRODUCTS FROM NATURAL WOOD

В статье приведена методика и результаты расчетов производительности технологической системы калибрования деревянных изделий. Показана существенная зависимость производительности от толщины снимаемого слоя.

The technique and results of calculations of productivity of technological system of calibration of wooden products is given in article. Essential dependence of productivity on thickness of the removed layer is shown.

Операция калибрования является финишной в механической обработке изделий из массивной древесины, обеспечивающей постоянный размер по толщине и одинаковый уровень шероховатости поверхности деталей (ламелей) при изготовлении, например, клееных щитов. Разнотолщинность отдельных деталей по нормам точности на станки фрезерной группы может достигать до 0,2 мм [1], а шероховатость поверхности по параметру – среднее арифметическое высот наибольших неровностей $R_m \max$ – до 250 мкм [2]. Очевидно, что эти два фактора будут определять толщину слоя древесины, снимаемого в процессе операции калибрования изделия, которая, в свою очередь, окажет влияние на производительность данной технологической системы, состоящей из средства технологического оснащения – цилиндрического шлифовально-калибровального станка, обрабатываемого изделия – клееного щита и исполнителя – станочника деревообрабатывающих станков.

Как показали наши исследования [3, 4], в процессе фрезерования при остром лезвии инструмента происходит перерезание волокон древесины с минимальными неровностями разрушения, мшистостью и ворсистостью получаемой поверхности. В дальнейшем из-за затупления лезвий происходит смятие и разрыв волокон древесины и увеличение шероховатости обработанных поверхностей. Кроме этого, из-за укорочения радиуса поверхности резания происходит изменение размеров получаемых деталей.

Из этого можно предположить, что фактическая производительность на следующей операции – калибровки – может существенно меняться. В настоящее время нет единой установленной методики расчета производительности операции калибровки и ее связи с изменением толщины снимаемого слоя. Используя имеющиеся разрозненные сведения, попытаемся предложить данную методику.

Штучную производительность операции шлифования Q за смену определяем по формуле [5]:

$$Q = \frac{T_{см} K_{рв} K_{мв}}{t_u}, \quad (1)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, мин;
 $K_{рв}$ – коэффициент использования рабочего времени;
 $K_{мв}$ – коэффициент использования машинного времени;
 t_u – время шлифования одного изделия, мин;

Зная длину изделия l_u (мм) и скорость подачи V_s (мм/мин), определим t_u :

$$t_u = \frac{l_u}{V_s}. \quad (2)$$

Используя методику, изложенную в работе [6], проведем расчет параметров процесса шлифования изделий из древесины. Толщина сошлифованного слоя H (см) определяется из формулы:

$$H = A_n \frac{l_k}{V_s}, \quad (3)$$

где A_n – производительность процесса шлифования, г/мин;
 l_k – длина дуги контакта шлифовального цилиндра с древесиной, мм.

Для шлифования с цилиндрическим контактом длина дуги с учетом жесткости по [7] рассчитывается по формуле:

$$l_k = 2\sqrt{D\Delta}, \quad (4)$$

где D – диаметр шлифовального цилиндра, мм (рис. 1);

Δ – величина деформации шлифовального цилиндра в зоне контакта с древесиной, мм.

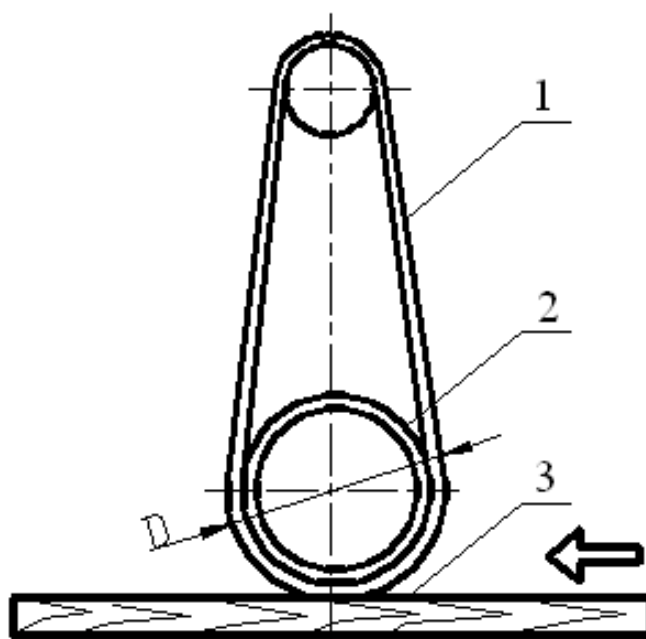


Рис. 1. Широколенточный шлифовальный станок с верхним расположением агрегата:
 1 – шлифовальная лента; 2 – шлифовальный цилиндр диаметром D ;
 3 – обрабатываемая древесина

Производительность процесса шлифования (A_n) рассчитывается по формуле:

$$A_n = A_{uu} V b l_k, \quad (5)$$

где A_{uu} – удельная производительность шкурки;
 V – скорость шлифования, м/с;
 b – длина шлифовальной ленты, мм.

$$A_{uu} = 0,7 \cdot 10^{-6} q \left(\frac{d_i}{0,14} \right)^{0,5} \frac{0,6}{\gamma} a_m a_c a_p, \quad (6)$$

где q – удельное давление, кПа;
 d_i – размер зерен основной фракции, мкм;
 γ – плотность древесины, г/см³;
 a_m – поправочный коэффициент на материал абразивных зерен;
 a_c – поправочный коэффициент на способ нанесения абразивных зерен;
 a_p – поправочный коэффициент на остроту шкурки.

В силу ограниченной работоспособности шлифовальной шкурки по критерию засаливаемости лимитирующими факторами производительности технологической системы калибрования будут толщина снимаемого слоя и производительность процесса шлифования. Преобразуя формулу (3), получаем скорость подачи изделия V_s , допустимую с точки зрения производительности процесса шлифования:

$$V_s = \frac{A_n l_k}{H}. \quad (7)$$

По данной методике был произведен расчет штучной производительности технологической системы калибрования при переменной толщине снимаемого слоя в диапазоне 0,05–0,25 мм и при фиксированных значениях заданных параметров:

- диаметр контактного цилиндра станка «Costa 70СТ», $D = 250$ мм;
- длина условного клееного щита принята $l_u = 1000$ мм, что дает размерность производительности в погонных метрах в смену (м/смен);
- шлифовальная лента длиной $b = 2620$ мм на тканевой основе с номером зернистости 16, абразив – электрокорунд ($a_m = 1$) с размером зерен основной фракции зернистости $d_i = 0,20$ мм, насыпка гравитационная ($a_c = 1$), средней затупленности ($a_p = 1$) [8];
- коэффициент использования рабочего времени, $K_{pv} = 0,85$;
- коэффициент использования машинного времени, $K_{mv} = 0,8$;
- удельное давление $q = 35$ кПа;
- плотность древесины сосны $\gamma = 0,5$ г/см³;
- величина деформации Δ по опытным данным находится в пределах 0,2–0,3 мм, принято 0,2 мм.

Результаты выполненных расчетов представлены графиком на рис. 2.

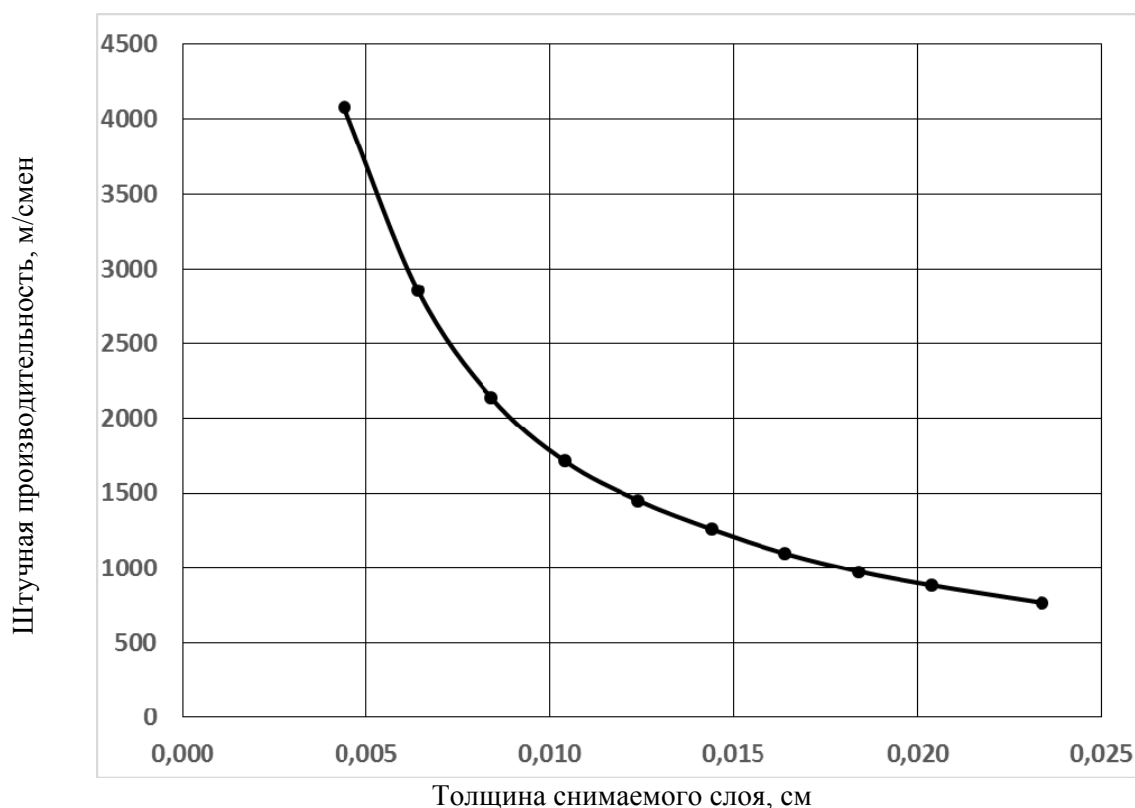


Рис. 2. Зависимость производительности от толщины снимаемого слоя

Как видно на графике, производительность технологической системы калибрования существенно зависит от толщины снимаемого слоя. Наиболее резкое снижение производительности наблюдается в диапазоне толщин снимаемого слоя 0,005–0,01 см, в дальнейшем это снижение менее выражено. Количественно это выражается падением производительности в 4,5 раза, например, при увеличении шероховатости исходных деталей с $R_{m\ max} = 60$ мкм до $R_{m\ max} = 250$ мкм и при требованиях к шероховатости поверхности клееного щита под прозрачную отделку $R_{m\ max} \leq 16$ мкм.

Выводы:

1. Предложенная методика расчета производительности технологической системы операции калибрования интегрирует сведения, содержащиеся в различных источниках и позволяет учесть различные факторы процесса шлифования.
2. Толщина снимаемого слоя древесины при калибровании, формируемая неточностями изготовления отдельных деталей и шероховатостью их поверхности после предварительной обработки, существенно влияет на производительность финишной операции.

Библиографический список

1. ГОСТ 7228-93. Деревообрабатывающее оборудование. Станки рейсмусовые. Основные параметры. Нормы точности и жесткости. – Минск: Изд-во стандартов, 1995. – 14 с.
2. ГОСТ 7016-82. Изделия из древесины и древесных материалов. Параметры шероховатости поверхности. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 5 с.
3. Полякова Т.В. Влияние различных факторов на формирование погрешностей обработки древесины / Т.В. Полякова, В.Г. Новоселов // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 44. – С. 838–842.

4. Новоселов В.Г. Экспериментальное исследование изменения шероховатости поверхности в процессе фрезерования древесины / В.Г. Новоселов, И.Т. Рогожникова // Известия высших учебных заведений; Лесной журнал. – 2011. – № 6. – С. 70–75.
5. Глебов И.Т. Справочник по резанию древесины: справочник / И.Т. Глебов, В.Г. Новоселов, Л.Г. Швамм. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. универ. – 1999. – 190 с.
6. Попов Ю.П. Расчет оптимальных режимов работы шлифовальных станков / Ю.П. Попов // Деревообрабатывающая промышленность. – 1965. – № 4. – С. 12–14.
7. Манжос Ф.М. Дереворежущие станки / Ф.М. Манжос. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 456 с.
8. Бершадский А.Л. Резание древесины / А.Л. Бершадский, Н.И. Цветкова. – Минск: Вышэйшая шк., 1975. – 304 с.

УДК 674:006: [621.928.9+621.867.8 621]

С.П. Трофимов

(БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь), tsp46@mail.ru

НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ АСПИРАЦИИ И ПНЕВМОТРАНСПОРТА В ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРОИЗВОДСТВЕ

NORMS OF DESIGNING ASPIRATION AND PNEUMATIC CONVEYING SYSTEMS IN WOODWORKING PRODUCTION

Отражены результаты разработки норм проектирования систем аспирации и пневмотранспорта измельченной древесины в деревообрабатывающей промышленности. Они имеют статус технического кодекса установившейся практики (ТКП) и предназначены для использования в Республике Беларусь.

It reflects the results of the development norms of design aspiration and pneumatic conveying systems crushed wood in the woodworking production. It has the status of a technical code of practice (TCP) and intended for use in the Republic of Belarus.

Системы аспирации и пневмотранспорта (САП) в деревообработке выполняют функции удаления измельченных отходов, образующихся при пилении, фрезеровании, сверлении, шлифовании, выполнении других технологических операций, а также вытяжной вентиляции помещений и обеспечения требуемых санитарно-гигиенических условий труда. Они являются важной составляющей транспортного обеспечения многих производств.

К преимуществам САП относятся: автоматизация удаления измельченных материалов от режущих головок и других мест их образования; компактность конструктивных элементов; возможность сложной пространственной трассировки и размещения в стесненных условиях; простота изготовления, управления и регулирования; высокая производительность; небольшие затраты на монтаж, ремонт и обслуживание.

Наряду с положительным САП характеризуются: высоким потреблением электрической и тепловой (в отопительный период) энергии; повышенной (в некоторых производствах) взрывопожарной опасностью и факторами вредного воздействия на окружающую среду (шум и выбросы загрязнителей в атмосферу). Низкая эффективность аспирации может явиться причиной ухудшения работы режущих головок и качества обработки материала.

Как правило, САП требуют индивидуального проектирования с учетом состава, режима работы обслуживаемого оборудования и условий конкретных производств [1–4].

Без аэродинамического расчета, определения мощности привода и регулирования вентилятора используются обычно только аспирационные фильтры-стружкоотсосы для локального обслуживания технологического оборудования. Они не предусматривают вынос отходов за пределы цеха, а при выборе этих устройств принимается во внимание потребная производительность по воздуху.

Задачи обеспечения технологической и энергетической эффективности, взрывопожарной, экологической безопасности производств изначально решаются при проектировании предприятий и технических систем (рисунок), конструировании, изготовлении, выборе элементов комплектации и материалов, а также в процессе монтажа, пуско-наладки, контроля состояния, регулирования и эксплуатации технологического оборудования и САП.



Размещение вентиляторов и фильтров САП на кровле цеха (г. Могилев)

Одним из основополагающих принципов проектирования, эффективной, безопасной эксплуатации и контроля функционирования систем аспирации является техническое нормирование их рабочих параметров, которое базируется на результатах практического опыта и научно-исследовательских работ.

Правила и технические нормы, имеющие отношение к обеспечению пожаро-, взрывобезопасности при проектировании предприятий, при выборе оборудования и эксплуатации систем аспирации фрагментарно отражены в некоторых технических нормативных правовых актах (ТНПА), ссылки на которые приведены в [1–4], однако единых специальных норм проектирования этих сложных дорогостоящих, энергозатратных и небезопасных по нескольким критериям систем до сих пор не было.

Указанные характеристики САП, опыт эксплуатации и факты происшествий, на предприятиях, включая трагические (взрывы на Минском заводе радиотелефуляров: в 1972 г. погибло более 100 чел., в производстве древесных гранул «Пинскдрев-ДСП» в 2010 г. – более 10 чел. и др.), обуславливают актуальность совершенствования проектных решений и норм в области аспирации деревообрабатывающих производств.

С учетом вышеуказанных обстоятельств в 2011 г. на совещании в Госстандарте РБ в соответствии с поручением Совета Министров РБ было принято решение о разработке технического кодекса установившейся практики – ТКП «Системы аспирации и пневмотранспорта в деревообрабатывающем производстве, включая производство древесных топливных гранул (пеллет) и брикетов. Нормы проектирования». В процессе подготовки к разработке норм и некоторых консультаций принимали участие специалисты РБ, РФ, Австрии, Литвы и Германии.

Разработка ТКП базировалась на результатах предшествовавших исследований, анализа большого количества источников информации, технических норм проектирования и стандартов Республики Беларусь и других стран. В частности были рассмотрены нормативные документы евросоюза EN 12779:2004+A1:2009 Sicherheit von Holzbearbeitungs-maschinen – Absauganlagen für Holzstaub und Späne – Sicherheit ts Technische

Anforderungen und Leistungen, EN 14491:2012 Dust explosion venting protective systems, директива Directive 94/9/EC Atex 95 Equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres и ряд другого актуального в условиях импорта оборудования.

Национальной ассоциацией пожарной безопасности США разработаны нормативные документы, также имеющие отношение к САП в деревообработке, например NFPA 664 Standard for the prevention of fires and explosions in wood processing and woodworking facilities и ряд других.

Следует отметить более активную, чем у нас, разработку технических нормативных правовых актов в области эффективности и безопасности САП техническими комитетами ЕС, однако по многим причинам применение этих документов в нашей стране практически невозможно. Вместе с тем необходим учет характеристик импортируемого оборудования и наличие сертификата на соответствие директиве АТЕХ.

Был проведен анализ параметров основных видов деревообрабатывающего оборудования, связанных с аспирацией. Интенсивность поступления отходов в САП характеризуется непостоянством – от полного отсутствия (в определенные периоды времени) до максимальной, которая должна быть учтена при проектировании. Эти изменения могут быть вызваны переходом на другой вид выпускаемой продукции, необходимостью перепланировки производственных участков и установки нового оборудования. В условиях режима непостоянной работы режущих головок и изменения параметров материальных потоков в сети разветвленных воздухопроводов значительно усложняется поиск решений повышения эффективности и работоспособности САП.

ТКП устанавливает технические нормы проектирования САП низкого и среднего давления (до 10 кПа) и предназначен для применения в проектных организациях при разработке документации на новое строительство, реконструкцию предприятий или этих систем, а также при экспертизе разработанных проектов.

Требования ТКП должны учитываться при комплектной поставке изготовителем системы аспирации и пневмотранспорта измельченной древесины для определенного состава технологического оборудования.

Действие ТКП не распространяется на пневмотранспортные установки, которые выполняют только транспортные функции и не используются в технологических процессах (например, при разгрузке и загрузке транспортных средств), на системы пневмотранспорта, входящие в технологические линии комплексной поставки (например, производства плит), а также на контейнерные (капсульные) пневмотранспортные установки.

Требования введенного ТКП распространяются на проектирование и оборудование САП отечественных и зарубежных производителей. Рисунок иллюстрирует разрешенное безопасное, целесообразное и обоснованное в определенных условиях размещение вентиляторов и воздухоочистных установок на покрытии деревообрабатывающего цеха иностранного предприятия (ранее это исключалось).

ТКП включает разделы: нормативные ссылки; термины и определения; характеристики производств; свойства измельченной древесины; общие положения проектирования САП (состав проекта, исходные данные, рекомендуемые схемы компоновки); требования к элементам САП (аспирационные приемники, напольные отсосы, воздухопроводы, отводы, тройники и крестовины, коллекторы, элементы изменения сечения воздухопроводов и управления параметрами потока, уловители крупных и инородных частиц, лючки и др.); аэродинамический расчет САП; вентиляторные установки; установки для очистки отработавшего воздуха (фильтры, циклоны); размещение оборудования; обеспечение функциональной и энергетической эффективности, взрывной, пожарной и экологической безопасности САП (шум и вибрация; наладка оборудования).

Приложения ТКП содержат: характеристики пожаро- и взрывоопасности древесной пыли (минимальная температура воспламенения пыли и волокон; нижний концентрационный предел воспламенения измельченных древесных материалов; минимальную энергию воспламенения; плотность измельченной древесины в зависимости от условий хранения); поправочные коэффициенты характеристик пылевых вентиляторов; коэффициенты местного сопротивления подводящих, отводящих каналов вентиляторной установки и относительного снижения КПД пылевых вентиляторов; пример расчета; библиографию (ссылки на 34 отечественных и зарубежных источника информации).

Методика и порядок проектного расчета САП приведены в технической литературе, например [1, 3, 4], и кратко изложены в разработанном ТКП. В данной статье эта тема не рассматривается.

Одной из актуальных задач совершенствования САП является повышение их энергоэффективности. Потребная мощность электродвигателя привода вентилятора в отсутствие инвентора определяется расчетом по формуле:

$$N_{\text{пр}} = \frac{K_3(1 + \mu_m)Q_p H_p}{60 \cdot 10^3 \cdot \eta_v \eta_n},$$

где $N_{\text{пр}}$ – расчетная мощность привода вентилятора, кВт;

K_3 – коэффициент запаса мощности на пусковой момент;

$(1 + \mu_m)$ – коэффициент, учитывающий повышение мощности привода при прохождении транспортируемого материала через вентилятор;

Q_p – суммарный расчетный расход воздуха САП, м³/мин;

H_p – суммарные расчетные потери давления в САП (в цепи воздухопроводов и устройства очистки воздуха), Па;

η_v – КПД вентилятора;

η_n – КПД передачи (при наличии частотного регулирования не учитывается).

Серьезное внимание должно быть уделено минимизации расхода воздуха и потерь давления на всех элементах САП, включая воздухопроводы (например, ТКП устанавливает требования к ним и допускает при обосновании применение более дробной сетки диаметров). При обосновании может быть предусмотрено автоматическое регулирование систем и вентиляторов в режиме реального времени в функции работы технологического оборудования.

Проектирование и эксплуатация САП требуют надлежащей подготовки кадров [5]. К сожалению, оценка компетенций специалистов большинства предприятий и даже проектных организаций позволяет сделать выводы о дефиците грамотных инженеров и техников и необходимости активизации деятельности учебных заведений в решении этого вопроса. Как положительный факт можно отметить недавнее введение в отраслевых средних специальных учебных учреждениях РБ дисциплины «Системы аспирации и пневмотранспорта».

Применение ТКП должно способствовать повышению эффективности и безопасности проектируемых САП, улучшению контроля за состоянием существующих установок и разработке мероприятий по их модернизации. Введение технических норм актуализируется расширяющимся сотрудничеством Республики Беларусь с зарубежными странами, что подтвердили контакты с фирмами Австрии, Италии и Германии на выставке Ligna-2015. Практическое применение ТКП должно сопровождаться проведением дополнительных исследований, гармонизацией взаимодействующих нормативных документов и надлежащей подготовкой специалистов в области проектирования и эксплуатации САП.

Библиографический список

1. Воскресенский В.Е. Системы пневмотранспорта, пылеулавливания и вентиляции на деревообрабатывающих предприятиях. Теория и практика / В.Е. Воскресенский. – Т. 1: Аспирационные и транспортные пневмосистемы. – СПб.: Политехника, 2008. – 430 с.
2. Трофимов С.П. ТКП 510–2014. Системы пневмотранспорта и аспирации в деревообрабатывающем производстве, включая производство древесных топливных гранул (пеллет) и древесных брикетов. Нормы проектирования / С.П. Трофимов, П.И. Дячек. – Минск: Беллесбумпром, 2014 – 78 с.
3. Трофимов, С.П. Цеховые системы аспирации и пневмотранспорта измельченных древесных отходов / С.П. Трофимов. – Минск: БГТУ, 2010. – 193 с.
4. Трофимов С.П. Проектирование деревообрабатывающих предприятий: в 2-х ч. Ч. 2. Технологическая и общетехническая подготовка производства / С.П. Трофимов. – Минск: БГТУ, 2013. – 417 с.
5. Trofimov S. Aspiration and pneumatic conveying systems in woodworking production: norm of designing, solutions and engineering personnel / S. Trofimov // Proceedings of the 19th International conference. «Mechanika-2014», 24–25 April 2014. – Kaunas: KTU. – Pp. 274–276.

УДК 674.055: 539.23621

В.В. Чаевский, А.А. Гришкевич, В.В. Жилинский

(БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь),

В.В. Углов, А.К. Кулешов

(БГУ, г. Минск, Республика Беларусь), doctorv_v_ch@mail.ru

**УПРОЧНЕНИЕ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ФОРМИРОВАНИЕМ
КОМБИНИРОВАННЫХ ZrN-Ni-Co-ПОКРЫТИЙ**

**STRENGTHENING WOOD-CUTTING TOOLS BY FORMING
COMBINED ZrN-Ni-Co-COATINGS**

Подобраны режимы формирования электрохимических Ni-Co-, ионно-плазменных ZrN- и комбинированных ZrN-Ni-Co-покрытий на лезвиях стальных (марки Р6М5) ножей деревоорежущего фрезерного инструмента. Значение микротвердости ZrN-Ni-Co-покрытий в 1,2–1,5 раза превышает величину микротвердости Ni-Co-покрытия на стальной подложке и стали без покрытия. Основным видом износа стального лезвия ножа с Ni-Co- и ZrN-Ni-Co-покрытиями при резании ламинированных древесно-стружечных плит является абразивный износ. Объемный износ лезвия ножа с ZrN-Ni-Co-покрытием при резании ламинированных ДСтП в лабораторных условиях имел более чем в 3 раза меньшее значение, чем для лезвия с Ni-Co-покрытием. Проведенные опытно-промышленные испытания на ОАО «Минскдрев» модифицированных фрез с комбинированными ZrN-Ni-Co-покрытиями на лезвиях ножей показали увеличение периода стойкости фрез при резании сосны (штакетик) до 30 % по сравнению с инструментом без покрытий.

Modes were selected and formed electroplated Ni-Co-coatings, ion-plasma ZrN-coatings as well as combined ZrN-Ni-Co-coating on the edges steel (type R6M5) knives of wood-cutting milling tools. Microhardness of combined ZrN-Ni-Co-coatings is to 1,2–1,5 times more than microhardness of steel base and bare steel. When cutting laminated

chipboard by steel knives of milling tool with a Ni-Co- and ZrN-Ni-Co-coatings under laboratory conditions, abrasive surface wear type of edges knives is observed. Calculating bulk wear of edges knives with ZrN-Ni-Co-coatings showed reduction of more than 3 times value in comparison with knives with Ni-Co-coatings. Pilot testing of tool modified with combined ZrN-Ni-Co-coatings at OJSC "Minskdiv" when cutting pine confirmed relevance of the tests carried out, as well as showed an increase in durability period of cutters to 30 % compared with bare tool.

В используемом в Республике Беларусь дереворежущем инструменте применяются в основном импортные ножи. Установлено, что в контактной области при процессах резания древесины возникают как интенсивные деформационные нагрузки, так и высокие температуры (800–1200 К), которые стимулируют высокую скорость диффузионных и окислительных процессов, приводящих к быстрому разрушению поверхностного слоя инструмента. Стойкость режущего инструмента определяется в первую очередь физико-механическими свойствами инструментального материала.

В последнее время для модификации инструмента активно создаются методом конденсации металлов из плазменной фазы с ионной бомбардировкой поверхности (КИБ) и исследуются ионно-плазменные покрытия на базе нитридов тугоплавких металлов (Ti, Mo, Zr и др.), которые позволяют существенно увеличить физико-механические свойства различных материалов и, соответственно, улучшить эксплуатационные свойства изделий, применяемых в различных отраслях промышленности, в т.ч. в станкостроении [1].

Другим направлением модификации поверхности деревообрабатывающих материалов является электрохимическое осаждение износостойких сплавов из сульфатных электролитов на поверхность ножей из высоколегированной аустенитной стали [2, 3]. Полученные Fe-Ni-Co- и Ni-Co-покрытия имеют высокие значения микротвердости. Ni-Co-покрытие, содержащее 67 % Co и 33 % Ni, достигает максимальной величины микротвердости 550,7 HV [2]. Установлено, что наличие покрытия сплавом Fe-Ni на лезвии стального ножа дереворежущего инструмента способствует уменьшению интенсивности его износа до 50 % по сравнению с лезвием без покрытия [3].

Формирование комбинированных градиентных покрытий на лезвии ножа дереворежущего инструмента способствует значительному уменьшению интенсивности ее износа, причем создание промежуточного слоя между твердым ионно-плазменным покрытием и основой увеличивает эффект уменьшения интенсивности износа основы. В качестве переходного слоя наиболее подходящими являются гальванические покрытия сплавами никеля [4].

В связи с этим целью работы являлось получение электрохимических покрытий сплавом Ni-Co и комбинированных гальвано-ионно-плазменных ZrN-Ni-Co-покрытий на поверхности двухлезвийных стальных (P6M5) ножей хвостовых фрез, исследование износа обработанных лезвий ножей при резании ламинированных ДСтП с учетом фазового, элементного состава и микротвердости сформированных слоев, определение периода стойкости модифицированного фрезерного инструмента.

Гальванические покрытия сплавом Ni-Co наносили на подготовленную поверхность лезвий ножей при токах 0,4–0,8 А из сернокислого электролита при температуре 40–50 °С. Толщина покрытий не превышала 10 мкм.

ZrN-покрытия осаждались на установке ВУ-1Б «Булат» на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов (ДОСИ) в два этапа. Проводилась предварительная обработка ионами циркония в вакууме 10^{-3} Па при потенциале подложки -1 кВ с последующим нанесением покрытий при токе горения дуги катода 100 А и опорном напряжении 100 В в атмосфере азота при давлении 10^{-1} Па. Температура при осаждении соответствовала 400–450 °С. Толщина полученных покрытий не превышала 1,5 мкм.

Для определения элементного состава сформированных слоев, видов износа обработанных лезвий ножей и их периода стойкости при резании ламинированных ДСтП

были проведены с помощью методов рентгеноспектрального микроанализа (РСМА), растровой и сканирующей электронной микроскопии (РЭМ и СЭМ) на сканирующем электронном микроскопе LEO-1455 VP фрактографические исследования морфологии режущей кромки лезвия ножа после лабораторных испытаний.

Фазовый состав полученных покрытий исследовался методом рентгеноструктурного анализа (РСА) при помощи дифрактометра Ultima IV (Rigaku, Япония) в Cu-K_α -излучении. Микротвердость испытуемых покрытий определялась при помощи микротвердомера ПМТ-3 по методу Виккерса при нагрузке 50 г.

Лабораторные испытания на период стойкости лезвий ножей сборной фрезы диаметром 21 мм при резании ламинированных ДСтП толщиной 25 мм проводили на обрабатывающем центре ROVER-B4.35 (Италия) на кафедре ДОСиИ при следующих режимах: число ножей на фрезе – 2; частота вращения фрезы – 15000 мин^{-1} ; припуск – 1,0 мм/проход; длина резания – 1200 м. п. Критерием потери режущей способности резца являлось появление сколов отделки плиты. Объемный износ лезвия ножа после испытаний рассчитывался по методике определения поперечных размеров кромки лезвия по всей ее длине с помощью микротвердомера ПМТ-3 с учетом первоначального неизношенного угла заточки лезвия.

Установлено, что сформированные комбинированные ZrN-Ni-Co-покрытия состоят из отдельных фаз нитрида ZrN, имеющего гранецентрированную кубическую структуру никеля и кобальта с гексагональной решеткой (рис. 1).

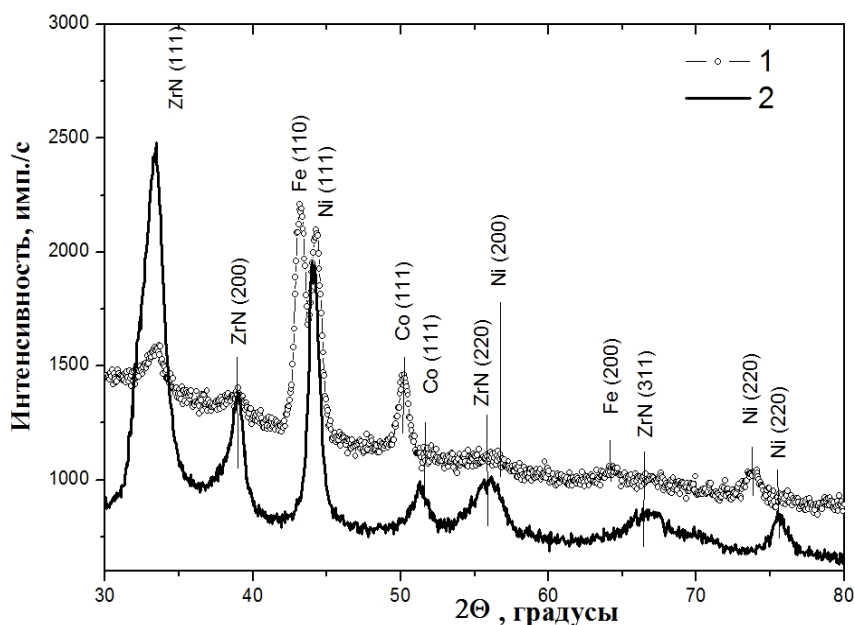


Рис. 1. Рентгенограммы Ni-Co-покрытий (1) и ZrN-Ni-Co-покрытий (2)

Среднее значение микротвердости Ni-Co-покрытия на стальной основе составило 9,6 ГПа, а ZrN-Ni-Co-покрытия – 13,0 ГПа, что практически в 1,3 раза превышает величину микротвердости Ni-Co-покрытия и в 1,5 раза величину микротвердости стальной подложки без покрытия (8,5 ГПа).

Выполненные расчеты усредненного объемного износа лезвия ножей после лабораторных испытаний показали, что объемный износ комбинированного ZrN-Ni-Co-покрытия ($6,75 \cdot 10^7 \text{ мкм}^3$) уменьшается в 3,4 раза по сравнению с упрочняющим лезвием Ni-Co-покрытием ($2,30 \cdot 10^8 \text{ мкм}^3$).

Оптические снимки изношенной кромки лезвия ножа с ZrN-Ni-Co- и Ni-Co-покрытиями (рис. 2) подтверждают расчеты объемного износа и показывают, что степень износа лезвия ножей с ZrN-Ni-Co-покрытием (рис. 2, а) значительно меньше, чем в случае лезвия ножей с Ni-Co-покрытием (рис. 2, б).

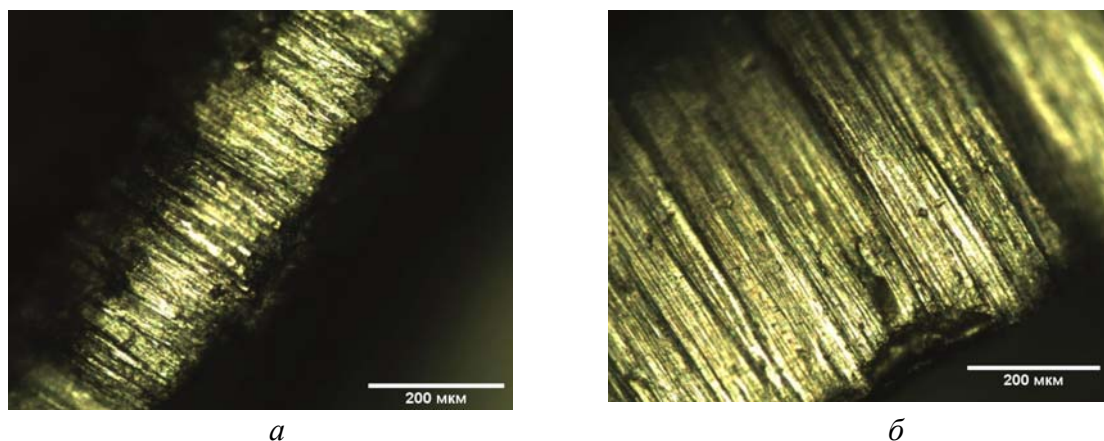


Рис. 2. Снимки изношенного лезвия ножа с ZrN-Ni-Co-покрытием (а) и с Ni-Co-покрытием (б) после резания ламинированной ДСтП

В процессе резания ламинированной ДСтП наблюдается абразивный износ как гальванических (типа Fe-Ni-, Ni-Co-покрытий), так и гальвано-ионно-плазменных ZrN-Ni-Co-покрытий на лезвии ножа, хотя степень износа лезвия ножей с ZrN-покрытием значительно меньше, чем в случае лезвия ножей с Ni-Co-покрытием [1, 3].

Несмотря на то что высокая твердость и прочность сформированных твердых покрытий к воздействию деформационных нагрузок позволяет, по-видимому, увеличить стойкость к хрупкому износу лезвия модифицированных ножей при резании ДСтП [1], в процессе резания на некотором этапе происходит хрупкое частичное разрушение этих покрытий в области лезвия ножа. Вероятно, это связано с ухудшением адгезии покрытия к подложке вследствие резкого увеличения температуры на границе «лезвие ножа – ДСтП», приводящего к отслаиванию и разрушению покрытия. Тем не менее необходимо отметить, что наличие нитрида циркония, обладающего высокой термической и окислительной стойкостью [5] в комбинированном ZrN-Ni-Co-покрытии, позволяет до разрушения покрытия значительно уменьшать воздействие деформационных нагрузок на износ лезвия ножа.

Проведенные на ОАО «Минскдрев» (г. Минск) опытно-промышленные испытания модифицированных фрез с ZrN-Ni-Co-покрытиями при резании сосны (штапик) подтвердили выполненные расчетные оценки объемного износа лезвия ножей после лабораторных испытаний и показали, что период стойкости фрезерного инструмента с покрытиями увеличивается до 30 % по сравнению с необработанным инструментом.

Выводы:

1. Установлено, что сформированные гальваническим методом и КИБ-обработкой Ni-Co- и ZrN-Ni-Co-покрытия на лезвиях стальных ножей хвостовых фрез обеспечивают при резании материалов из ламинированных ДСтП и хвойных пород древесины повышение периода стойкости режущего инструмента.

2. Величина объемного износа лезвия ножей с ZrN-Ni-Co-покрытием значительно меньше, чем в случае лезвия ножей с Ni-Co-покрытием. Основным видом износа стального лезвия ножа с твердыми Ni-Co- и ZrN-Ni-Co-покрытиями при резании ламинированных ДСтП является абразивный износ.

Библиографический список

1. Влияние ZrN, Mo-N покрытий, сульфатирования на износ ножей дерево-режущего инструмента / А.К. Кулешов [и др.] // Трение и износ. – Т. 35. – № 3. – Гомель: ГНУ ИММС НАН Беларуси, 2014. – С. 276–286.
2. Электрохимическое и ионно-плазменное формирование комбинированных износостойких покрытий для упрочнения режущей кромки деревообрабатывающих ножей / В.В. Жилинский [и др.] // Теория и практика современных электрохимических производств: сб. тезисов докладов III Междунар. научно-практ. конф., 17–19 ноября 2014 г., г. Санкт-Петербург. – СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2014. – С. 127.
3. Кубрак П.Б. Осаждение износостойких покрытий сплавом Fe-Ni из сульфатных электролитов / П.Б. Кубрак, В.В. Жилинский, В.В. Чаевский // Труды БГТУ. – 2014. – № 3: Химия и технология неорганических веществ. – С. 51–53.
4. Комбинированная гальваническая и ионно-плазменная обработка лезвий ножей дереворежущего инструмента / В.В. Чаевский [и др.] // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды IX Междунар. евразийского симпозиума, Екатеринбург, 23–25 мая 2014 г. – Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2014. – С. 202–206.
5. Особенности износа упрочненных методом КИБ лезвий ножей дереворежущего фрезерного инструмента при обработке ДСТП / А.А. Гришкевич [и др.] // Сборник мат-лов VII Междунар. науч.-техн. конф. «Современные методы и технологии создания и обработки материалов», 19–21 сентября 2012 г., г. Минск. – Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2012. – Кн. 2. – С. 297–303.

**Проблемы безопасности и экологии
в переработке древесины**

Safety and ecology problems in wood processing

УДК 674.0:628.5

В.Н. Старжинский, С.В. Совина, С.Ю. Тракало
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), vsn@usfeu.ru, sovinasv@el.ru

**РАСЧЕТ ШУМА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ СТАНОЧНИКОВ
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ
МАЛЫХ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**CALCULATING NOISE AT WORKPLACE WOODWORKING MACHINE
OPERATORS IN ORGANIZING SMALL WOODWORKING ENTERPRISES**

Рассмотрена специфика акустических проблем при создании малых деревообрабатывающих предприятий. Для расчета уровней шума на рабочих местах станочников предложено вводить поправочные коэффициенты на режим работы к табличным уровням звуковой мощности.

The specificity of acoustic problems when creating small woodworking enterprises. To calculate the noise levels at the workplace machine operators proposed to introduce correction factors to table operating mode sound power level.

В настоящее время деревообработка в большей степени распространена на малых и средних деревообрабатывающих предприятиях с небольшими объемами работ. Например, в деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности Свердловской области осуществляют свою деятельность свыше 650 компаний, из которых 47 относятся к крупным и средним. Остальные – к малым предприятиям.

Наиболее распространенными типами малых деревообрабатывающих предприятий являются лесопильный цех, цех по производству погонажных изделий (полового шпунта, евровагонки и другие).

В условиях современного деревообрабатывающего производства положение в области охраны труда является неудовлетворительным, особенно в области шумовой обстановки. Участки и цеха, в которых расположено деревообрабатывающее оборудование, можно отнести к категории опасных, так как у этих станков в большинстве случаев на рабочих местах наблюдается повышенные уровни шума, достигающие 100–110 дБ(А).

Кроме того, при организации малых предприятий часто возникает проблема защиты селитебных территорий от шума предприятия, так как эти производства в большинстве случаев располагаются в районах жилой застройки.

Еще на стадии организации малого деревообрабатывающего предприятия должны быть предусмотрены мероприятия по снижению шума, решены вопросы выбора технологического оборудования, размещения шумных объектов, позволяющие значительно уменьшить воздействия шума на людей в помещениях и на территориях до разработки строительно-акустических мероприятий.

Для этого необходимо провести акустические расчеты ожидаемых уровней шума на рабочих местах станочников деревообрабатывающих станков, именно они подвергаются воздействию наиболее высоких уровней.

Акустический расчет включает:

- выявление источников шума и определение их шумовых характеристик;
- выбор расчетных точек и определение допустимых уровней звукового давления $L_{дон}$ для этих точек;
- расчет ожидаемых уровней звукового давления L в расчетных точках;
- расчет необходимого снижения шума в расчетных точках;
- разработка мероприятий по защите от шума (с расчетом).

Исходными данными для акустического расчета являются:

- шумовые характеристики источников шума;
- характеристика помещения (тип и материал ограждающих конструкций, наличие перегородок и т.д.);
- расстояние от центра источника (источников) до расчетной точки.

Расчетные точки в цехах малых деревообрабатывающих предприятий выбирают на рабочих местах и (или) в зонах постоянного пребывания людей на высоте 1,5 м от пола. В помещении с одним основным источником шума (чаще всего это четырехсторонние продольно-фрезерные станки) или несколькими однотипными источниками одна расчетная точка берется на рабочем месте в зоне прямого звука источника, другая – в зоне отраженного звука на месте постоянного пребывания людей, не связанных непосредственно с работой данного источника.

После расчета ожидаемых уровней звукового давления в расчетных точках помещения необходимо рассчитать для каждой точки необходимое снижение уровня шума. Заканчивается акустический расчет разработкой строительно-акустических мероприятий для обеспечения требуемого снижения шума.

При акустических расчетах деревообрабатывающих цехов основными исходными данными являются шумовые характеристики станков.

Шумовая характеристика деревообрабатывающего станка – объективный технический показатель параметров шума, излучаемого станком при регламентированных режимах его работы и условиях монтажа.

При любой технологической схеме основным оборудованием при производстве погонажа является круглопильные и продольно-фрезерные станки. Следовательно, все остальное оборудование подбирается с ориентировкой на их производительность.

Для нормирования шума оборудования используют уровни звуковой мощности, так как они являются собственной шумовой характеристикой станков, не зависящей от расстояния до машины и окружающих ее условий. Шумовые характеристики деревообрабатывающих станков должны содержаться в его технической документации.

Основными шумовыми характеристиками станков являются:

- скорректированный уровень звуковой мощности $L_{РА}$, дБ(А);
- уровень звуковой мощности в октавных полосах частот L_P , дБ;
- уровень звука излучения на рабочем месте L_A , дБ(А);
- уровень звукового давления излучения в полосах частот на рабочем месте L , дБ.

Данные по уровням звуковой мощности основных деревообрабатывающих станков представлены в справочных каталогах шумовых характеристик технологического оборудования [1, 2]. При этом в каталоге не указаны режимы резания, при которых получены эти данные.

Уровень мощности шума, возникающий при резании древесины, зависит от следующих основных факторов:

- размера, профиля, угловых значений заточки режущих инструментов (зубьев пильных дисков, ножевых валов, фрез и др.);
- скорости подачи и скорости резания;
- твердости и влажности обрабатываемой древесины;

- ширины стружки и высоты пропила (величины припуска);
- степени затупления режущей кромки инструмента.

При изменении условий эксплуатации деревообрабатывающих станков, в частности режимов резания, необходимо проводить корректирующие расчеты их шумовых характеристик (звуковой мощности) по формуле, дБА:

$$L_p = \Delta L_p^o + 10 \lg V_n + 10 \lg (bh) + 10 \lg a_{\pi} + 10 \lg a_w + 10 \lg a_T + 10 \lg a_{\varphi} + 10 \lg a_p + 10 \lg a_{\delta} + 10 \lg a_v + 10 \lg a_l.$$

Первое слагаемое ΔL_p^o в уравнении представляет собой уровни звуковой мощности станка, полученные при стандартных (справочно-табличных) условиях эксперимента силовых режимов резания.

Остальные слагаемые учитывают изменения уровней излучаемой звуковой мощности в зависимости от изменения условий резания:

V_n – скорость подачи, м/сек;

b – ширина стружки, мм;

h – высота пропила или припуска при фрезеровании, мм;

a_{π} – поправочный множитель на породу древесины;

a_w – то же на влажность древесины;

a_T – то же на температуру древесины;

a_{φ} – то же на угол встречи лезвия с волокнами древесины;

a_p – то же на затупление лезвий;

a_{δ} – то же на угол резания;

a_v – то же на скорость резания;

a_l – то же на глубину обработки для процессов закрытого резания (например, на высоту пропила при пилении).

Результаты расчета поправок на изменение уровней звуковой мощности в зависимости от условий резания (ΔL_p) приведены в [3].

В зависимости от того, какие шумовые характеристики станка найдены, объем акустических расчетов будет в каждом конкретном случае разным.

Если шумовые характеристики станков представлены в виде уровней звукового давления излучения в полосах частот на рабочем месте станочника L , дБ, или в виде уровня звука излучения на рабочем месте L_A , дБ(А), то можно сразу переходить к расчету требуемого снижения уровней звука в дБ(А) или уровней звукового давления в полосах частот L , дБ, и разработке мероприятий по обеспечению требуемого снижения шума.

Если шумовые характеристики получены в виде уровней звуковой мощности в полосах частот L_p , дБ, или в виде скорректированного уровня звуковой мощности L_{pa} , дБ, то для разработки мероприятий по снижению шума необходим расчет ожидаемых уровней шума на рабочих местах станочников с учетом акустических характеристик производственного помещения.

Библиографический список

1. Защита от шума: справочник проектировщика / под ред. Е.Я. Юдина. – М.: Стройиздат, 1974. – 135 с.
2. Справочная книга по охране труда в машиностроении / под ред. О.Н. Русака. – Л.: Машиностроение, 1989. – 445 с.
3. Старжинский В.Н. Влияние условий резания древесины на шумовые характеристики деревообрабатывающих станков / В.Н. Старжинский, А.Ю. Завьялов, С.В. Совина // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1. – URL: <http://www.science-education.ru/107-8245> (Дата обращения: 29.01.2013).

УДК 676.2.053:628.5172

В.Н. Старжинский, С.В. Совина, С.Ю. Тракало
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), vsn@usfeu.ru, sovinasv@e1.ru

**ОЦЕНКА СНИЖЕНИЯ ШУМА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ СТАНОЧНИКОВ
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ ЗА СЧЕТ УСТРОЙСТВ
ЧАСТИЧНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ**

**ASSESSMENT OF NOISE REDUCTION IN THE WORKPLACE
OF WOODWORKING MACHINE OPERATORS BY PARTIAL ENCLOSURE DEVICE**

Приведен метод ориентировочного расчета снижения шума на рабочих местах станочников у деревообрабатывающих станков за счет устройства частичных ограждений при известной звуковой мощности станка.

An approximate calculation method for noise reduction in the woodworking machines operator's workplace due to partial barriers device with a certain sound power machine.

Способ снижения шума работающего оборудования или защита обслуживающего персонала от возникающего шума без каких-либо существенных конструктивных изменений машины относится к числу пассивных строительно-акустических способов борьбы с шумом.

Одним из основных путей снижения шума станка является устройство звукоизолирующих ограждений вокруг него. В большинстве случаев полностью оградить деревообрабатывающий станок невозможно вследствие необходимости доступа для осмотра обслуживания станка, подачи материала и удаления его от станка.

Ослабление шума в этом случае может быть достигнуто путем частичного ограждения источника, хотя снижение шума не будет таким сильным как при использовании полностью герметичного ограждения.

Достигнутое снижение чаще всего не позволяет достичь нормативных уровней звука на рабочем месте. Потребуется или дополнительная акустическая обработка цеха, или обеспечение станочника индивидуальными средствами защиты от шума.

Оценку ослабления шума за счет частичного ограждения можно ориентировочно произвести в предположении диффузности звука внутри ограждения, если его поверхности не обработаны звукопоглощающими материалами.

Уровень шума в пространстве, ограниченном ограждением, будет выше, чем уровень шума в том же пространстве без ограждения. Повышение уровня шума в пространстве, закрытом ограждением, происходит в результате отражения звуковых волн от его внутренних поверхностей. Если в пространстве, закрытом полным ограждением без отверстий, существует однородное звуковое поле, то звуковое давление внутри ограждения может быть рассчитано по уравнению [1, 2]:

$$p_j^2 = \frac{4pcW_j}{\sum_i \alpha_{i,j} S_i}, \quad (1)$$

где p_j^2 – среднеквадратичное звуковое давление внутри ограждения в определенной полосе частот, Па;

p – плотность воздуха, кг/м³;

c – скорость распространения звука в воздухе, м/с²;

W_j – акустическая мощность источника шума в полосе частот, Вт;

$\alpha_{i,j}$ – коэффициент звукопоглощения для i -й поверхности в j -й полосе частот;

S_i – площадь i -й поверхности внутри ограждения, м².

При использовании ограждений с отверстиями можно получить приблизительное выражение для эквивалентного поглощения поверхности ограждения, предполагая, что коэффициент звукопоглощения отверстия равен 1,0. Полное поглощение ограждения с отверстиями можно рассчитать для одной частотной полосы с помощью уравнения:

$$\sum_i \alpha_i S_i = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + 1,0 S_0, \quad (2)$$

где $\alpha_1 S_1$ – поглощение для поверхности 1, м²;

$\alpha_2 S_2$ – поглощение для поверхности 2 и т.д, м²;

S_0 – суммарная открытая площадь ограждения, м².

Акустическая мощность, выходящая из ограждения через отверстия, представляет собой акустическую мощность, приходящуюся на открытую площадь. Так как звуковое поле внутри ограждения предполагалось однородным, то отношение акустической мощности, приходящейся на отверстие, к акустической мощности огражденного источника шума равно коэффициенту поглощения, определяемому уравнением:

$$\frac{W_I}{W_S} = \frac{S_0}{S_0 + \sum_i \alpha_i S_i}, \quad (3)$$

где W_I – акустическая мощность, падающая на отверстия, Вт;

W_S – акустическая мощность источника, Вт;

S_0 – открытая площадь ограждения, м²;

$\sum_i \alpha_i S_i$ – поглощение внутренних поверхностей, м².

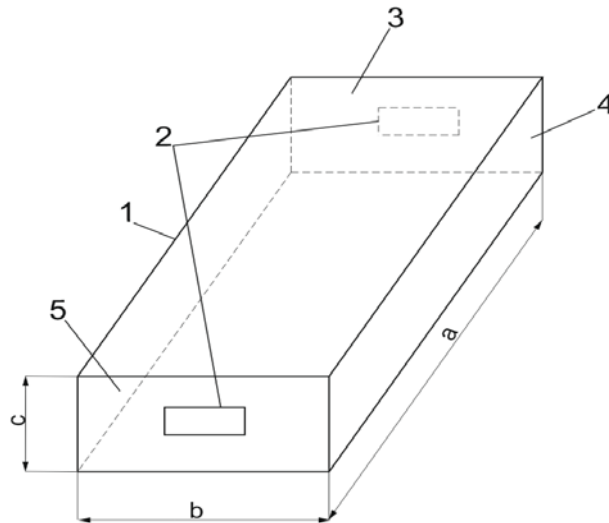


Схема ограждения с отверстиями:

1 – задняя поверхность; 2 – отверстия; 3 – верхняя поверхность; 4 – передняя поверхность;

5 – боковая поверхность (оператор находится перед ограждением)

Акустическая мощность, падающая на открытые площади, должна быть скорректирована с помощью коэффициента излучения для того, чтобы учесть направленность и эффекты дифракции. Каждое отверстие имеет коэффициент излучения η , зависящий от расположения отверстия, что показано на рисунке и дано в таблице 1. Если станочник находится перед частичным ограждением, то расположение отверстия будет влиять на эффективную акустическую мощность, излучаемую к месту наблюдения. Мощность, излучаемая через отверстие на рабочее место станочника, будет равна мощности, приходящейся на отверстие, умноженной на коэффициент излучения:

$$W_R = \eta W_I,$$

где W_R – эффективная излучаемая акустическая мощность, достигающая наблюдателя, находящегося перед ограждением, Вт;

η – коэффициент излучения, значения которого приведены в табл. 1;

W_I – акустическая мощность, приходящаяся на отверстия, Вт.

Таблица 1

Значение коэффициента акустического излучения η в зависимости от расположения отверстия (предполагается, что находится перед ограждением)

Расположение открытой площади	η	Расположение открытой площади	η
Впереди	1,00	Вверху*	0,30
Сбоку*	0,30	Сзади*	0,15

*Если поверхности ограждения с отверстиями находятся около отражающих поверхностей, то соответствующие значения η , приведенные в таблице, следует увеличить в 2 раза.

Используя величины η , акустическую мощность, излучаемую через отверстия, можно связать с акустической мощностью огражденного источника шума следующим уравнением:

$$\frac{W_R}{W_S} = \frac{\eta W_I}{W_S} = \frac{\eta S_0}{S_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_i S_i}. \quad (4)$$

При наличии более одного отверстия в частичном ограждении полученная эффективная акустическая мощность $W_{\text{эф}}$ суммируется следующим образом:

$$\frac{W_{\text{эф}}}{W} = \frac{\sum_{k=1}^m W_R}{W_S} = \frac{\sum_{k=1}^m \eta_k W_I}{W_S} = \frac{\sum_{k=1}^m \eta_k S_{ok}}{S_{oT} + \sum_{i=1}^n \alpha_i S_i}, \quad (5)$$

где W – общая мощность источника;

η_k – коэффициент излучения отверстием ограждения;

S_{ok} – площадь отверстия;

S_{oT} – общая площадь пропускного сечения ограждения;

α_i – коэффициент поглощения звука для i -го материала внутри ограждения;

S_i – площадь i -й поверхности, покрытой звукопоглощающим материалом внутри ограждения.

В большинстве случаев при эксплуатации машин используют один материал внутри ограждения; тогда вместо $\sum_i \alpha_i S_i$ будет αS .

Ослабление шума ΔL (в дБ) для источника с частичным ограждением можно вычислить по формуле:

$$\Delta L = -10 \lg \left(\frac{W_R}{W_S} \right). \quad (6)$$

Пример: Продольно-фрезерный станок установлен вдали от стен помещения. Ограждения станка имеет размер: $a = 3$ м; $b = 1,5$ м; $c = 2$ м.

На каждой боковой стороне (см. рисунок) предусмотрены отверстия для прохода материала размером $0,5 \cdot 0,2$ м. Рабочие места станочников установлены напротив отверстий.

Определить ослабление шума с помощью частичного ограждения, если стенки изготовлены из стального листа. Результаты расчета приведены в таблице 2.

Результаты расчётов

№	Параметр	Частота октавных полос, Гц						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	Коэффициент звукопоглощения стенок ограждения (сталь), α	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01
2	Коэффициент звукопоглощения пола, $\alpha_{\text{пола}}$	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
3	Общее звукопоглощение $\alpha_i S_{\text{обш}} + S_o$, м ²	1,37	1,15	0,97	0,66	0,66	0,52	0,52
4	Ослабление шума ограждением без облицовки на рабочем месте $\Delta L = \frac{2S_o}{S_o + \alpha_i S_{\text{обш}}}$, дБ	8,3	7,7	6,9	5,2	5,2	4,2	4,2
Если внутренние поверхности облицевать пенопластом толщиной 24,5 мм с коэффициентом звукопоглощения в строке 5 из таблицы 2, то снижение шума в этом случае будет значительно больше (строка 6)								
5	Коэффициент звукопоглощения пенопластом	0,23	0,54	0,6	0,98	0,93	0,94	0,96
6	Снижение шума на рабочем месте станочника с помощью частичного ограждения, облицованного пенопластом ΔL , дБ	15	17,9	18,5	20,4	20,1	20,4	20,2

Библиографический список

1. Справочник по контролю промышленных шумов / пер. с англ. под ред. К.Л. Фолкнера. – М.: Машиностроение, 1979. – 448 с.
2. Борьба с шумом на производстве: справочник / Е.Я. Юдин, Л.А. Борисов [и др.]; под общ. ред. Е.Я. Юдина. – М.: Машиностроение, 1985. – 400 с.

УДК 332.1

Н.А. Шпак

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), shpak@usfeu.ru;

Д.Б. Вукович

(Сербская академия наук и искусств, г. Белград, Республика Сербия)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТБО ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОГАЗА

USE OF HOUSEHOLD WASTE FOR PRODUCTION OF BIOGAZ

Масштаб производства и использования биогаза в мире поступательно растет. В стратегиях большинства развитых и развивающихся стран мира запланировано увеличение доли использования биогаза. Рассмотрим перспективы использования биогаза в мире и в России.

The scale of production and use of biogas in the world grows progressively. In the strategies of most developed and developing countries planned to increase the share of biogas. Consider the prospects for the use of biogas in the world and Russia.

Больше всего малых биогазовых установок находится в Китае – более 10 млн (на конец 1990-х). Они производят около 7 млрд м³ биогаза в год, что обеспечивает топливом примерно 60 млн крестьян. В конце 2010 года в Китае действовало уже около 40 млн биогазовых установок. В биогазовой индустрии Китая заняты 60 тысяч человек.

В Индии с 1981 года до 2006 года было установлено 3,8 млн малых биогазовых установок. В Непале существует программа поддержки развития биогазовой энергетики, благодаря которой в сельской местности к концу 2009 года было создано 200 тысяч малых биогазовых установок.

Volvo и Scania производят автобусы с двигателями, работающими на биогазе. Такие автобусы активно используются в городах Швейцарии: Берне, Базеле, Женеве, Люцерне и Лозанне. По прогнозам Швейцарской ассоциации газовой индустрии, к 2010 году 10 % автотранспорта Швейцарии будет работать на биогазе.

Муниципалитет Осло в начале 2009 года перевёл на биогаз 80 городских автобусов. Стоимость биогаза составляет €0,4–0,5 за литр в бензиновом эквиваленте. При успешном завершении испытаний на биогаз будут переведены 400 автобусов.

Потенциальное производство биогаза в России – до 72 млрд м³ в год. Потенциально возможное производство из биогаза электроэнергии в год составляет 151 200 ГВтч, тепла – 169 344 ГВтч. Общая потребность России в биогазовых заводах оценивается в 20 тысяч предприятий.

Необходимо использовать имеющийся потенциал Свердловской области, одного из стратегических регионов России, для реализации пилотных проектов, способствующих развитию передовых технологий производства биогаза в России.

Технология получения биогаза на основе ТБО

Биогаз – это биотопливная замена природного газа. Современные технологии получения биогаза основаны на переработке различных видов органического сырья, основными из которых являются органические отходы, включая отходы животноводческих хозяйств и мусор, полученный от муниципальных, коммерческих и промышленных источников, прошедших процесс анаэробного разложения.

В России стандартная технология получения биогаза на основе ТБО была разработана еще в 1990 г. Академией коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова, Министерством ЖКХ РСФСР. Проект системы сбора и утилизации биогаза выполняется в соответствии с техническим заданием, СНиП 2.04.08-87 и «Правилами безопасности в газовом хозяйстве». Проекты газопроводов выполняются на топографических планах и масштабах, предусмотренных ГОСТом 21.610-85*.

В соответствии с разработанной документацией технология получения биогаза включает две технологические схемы: получение биогаза с эксплуатируемых полигонов и получение биогаза с закрытых полигонов.

Перед разработкой проекта системы сбора и утилизации биогаза с эксплуатируемого полигона определяют состав и свойства поступающих на него ТБО, вместимость и срок эксплуатации полигона, схему и максимальную высоту складирования отходов, рН вытяжки из отходов, гидрогеологические условия земельного участка, а также составляют уравнение водного баланса полигона. На основании перечисленных материалов подготавливают количественный прогноз образования биогаза с 1 т ТБО и дают заключение о целесообразности его утилизации.

Перед разработкой проекта системы сбора и утилизации биогаза с закрытого полигона на нем бурят скважины, определяют состав биогаза и его свойства, степень

* Технологический регламент получения биогаза с полигонов твердых бытовых отходов: утв. 02.11.1989 г. Мин-вом жилищно-коммун. хоз-ва РСФСР ордена Трудового Красного Знамени / Академия коммун. хоз-ва им. К.Д. Памфилова. URL: http://www.infobio.ru/sites/default/files/tekhnologicheskii_reglament_polucheniya_biogaza_s_poligonov_tverdykh_bytovy.pdf.

разложения ТБО, содержание в них органики, рН, влажности. Так как содержащееся в ТБО органическое вещество имеет различную интенсивность разложения, необходимо определять общее органическое вещество и активное органическое вещество. С учетом этих данных, а также анализа климатических условий расположения полигона дают заключение о целесообразности разработки проекта.

В мире для получения биогаза используются 2 технологии: получение биогаза с эксплуатируемых полигонов и получение биогаза с закрытых полигонов. Выбор технологии зависит от состава ТБО и других специфических особенностей конкретного проекта.

Возможные объемы производства биогаза на перспективных объектах

Процесс разложения твердых бытовых отходов (ТБО), на 55–70 % состоящих из органических соединений, протекает во многом идентично процессу сбраживания сильно загрязненных сточных вод или осадка очистных сооружений городской канализации. В результате этого процесса образуется биогаз, имеющий теплоту сгорания 18900–25100 кДж/м³ (4500–6000 ккал/м³) и следующий усредненный состав, %: метан – 50–65, диоксид углерода – 30–45, сероводород – 0,2–0,8, азот, кислород, водород – 1–2, ароматические углеводороды, сложные эфиры – до 1.

Средняя влажность биогаза – 35–40 %. Очисткой от балласта, сероводорода и осушкой теплоту сгорания биогаза можно увеличить до 27200–31400 кДж/м³ (6500–7500 ккал/м³), или до 80 % теплоты сгорания природного газа.

Полученный на полигонах ТБО биогаз может использоваться в качестве топливного материала для коммунально-бытовых целей и сельского хозяйства, а также для выработки электроэнергии. Одновременно утилизация биогаза с полигонов позволяет улучшать экологическую обстановку на них, уменьшить загрязнение атмосферы и практически исключить самовозгорание отходов.

Производство биогаза из возобновляемых источников – отходов биомассы промышленного, сельскохозяйственного и бытового происхождения – осуществляется во многих странах. Пионером в этой области являются США. Одно из первых производств биогаза было организовано на полигоне «Стоун» площадью 40 га с объемом отходов 10 млн м³ и толщиной захоронения от 25 до 45 м. Установка производила газ в количестве 7500 м³/час с содержанием метана 50 %.

В Рейкьявике (Исландия) с загородной свалки органических отходов собирают до 500 м³ газа в час. После очистки, обогащения и сжатия газ, содержащий до 98 % метана, заправляется в транспортные контейнеры, которые направляются потребителю для заправки автомобилей.

В заметных объемах биогаз добывается и утилизируется в ряде развитых западных стран: в США – 500, Германии – 400, Великобритании – 200, Нидерландах – 50, Франции – 40, Италии – 35 и Дании – 5 млн м³ в год соответственно. Объемы годовой газодобычи и утилизации свалочного газа в мире составляют примерно 1,2 млрд м³/год, что эквивалентно 429 тыс. тонн метана. В Китае уже в 1999 г. действовали 7 млн малых установок получения биогаза, в результате чего свыше 60 % всего автобусного парка страны, в том числе около 80 % в сельской местности ныне работают на биогазе. В настоящее время Китай экспортирует как сам биогаз, так и установки для его получения более чем в 20 стран.

В России уже успешно действуют пилотные проекты по применению данных технологий и их опыт может быть полезен для Свердловской области. Например в Белгородской области с 2012 года открыта промышленная биогазовая станция «Байцуры» с переработкой животноводческих отходов и получением электрической и тепловой энергии – это первый в России объект, запущенный в промышленную эксплуатацию. Проектная годовая мощность выработки электроэнергии на станции составляет 7,4 млн кВт·ч, тепловой энергии – 3200 Гкал.

**Проблемы профессионального образования
и инжиниринга в деревообработке**

**Problems of professional education and engineering
in the woodworking**

УДК 378.048.2

М.Н. Гамрекели

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), gamrekely@mail.ru

**СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ДИСЦИПЛИНЫ «ЭКСПЕРТИЗА БЕЗОПАСНОСТИ»
ПРИ ПОДГОТОВКЕ МАГИСТРОВ**

**THE CONTENT AND METHODOLOGICAL MAINTENANCE
OF "SAFETY EXAMINATION" DISCIPLINE BY THE MASTERS TRAINING**

Рассмотрены методические приемы, которые при ограниченной трудоемкости рабочей программы дисциплины позволят магистрантам приобрести восемь из общего числа двадцати семи профессиональных компетенций.

The methodical receptions which at the limited labour-consuming character of the discipline working program will allow the masters to get eight of the twenty seven general number professional competences are considered.

*Роль дисциплины при подготовке магистров
по направлению 280700.68 «Техносферная безопасность»*

Целью изучения дисциплины «Экспертиза безопасности» является приобретение магистрантом профессиональных компетенций, которые приведены в таблице.

Методика преподавания дисциплины «Экспертиза безопасности» при подготовке магистрантов опирается на рабочую программу, которая строится в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) по специальности 280700.68 «Техносферная безопасность» [1].

Перечень приобретаемых компетенций

Шифр компетенции по ФГОС ВПО	Сущность (наименование) компетенции
ПК-13	<i>Способности:</i> – применять методы анализа и оценки надежности и техногенного риска; – участвовать в разработке нормативно-правовых актов по вопросам техносферной безопасности; – рационально решать вопросы безопасного размещения и применения технических средств в регионах. <i>Умения:</i> – анализировать и оценивать потенциальную опасность объектов экономики для человека и среды обитания.
ПК-16	
ПК-17	
ПК-19	

Шифр компетенции по ФГОС ВПО	Сущность (наименование) компетенции
ПК-20	<p><i>Способности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – проводить экспертизу безопасности и экологичности технических проектов, производств, промышленных предприятий и территориально-производственных комплексов; – разрабатывать рекомендации по повышению уровня безопасности объекта; – проводить экспертизу безопасности объекта, сертификацию изделий, машин, материалов на безопасность; – проводить научную экспертизу безопасности новых проектов, аудит систем безопасности
ПК-21	
ПК-23	
ПК-24	

Трудоемкость рабочей программы дисциплины «Экспертиза безопасности»

В учебных циклах подготовки магистров по данному направлению общая трудоемкость в соответствии с ФГОС ВПО составляет 100 зачетных единиц. При этом рабочей программой дисциплины «Экспертиза безопасности» в рамках учебного плана УГЛТУ задана трудоемкость 2 зачетные единицы (72 ч).

«Экспертиза безопасности» согласно ФГОС ВПО является одной из пяти базовых дисциплин профессионального цикла и должна обеспечить формирование у магистрантов 8 из общего числа 27 профессиональных компетенций магистра.

В рамках учебного плана УГЛТУ рабочей программой дисциплины «Экспертиза безопасности» при большем числе компетенций предусмотрены в качестве аудиторных занятий в отличие от известных разработок [2–3] меньшие по объему лекционный курс (6 ч) и практические занятия (18 ч).

Поэтому основная часть объема учебной нагрузки переносится на самостоятельную работу магистрантов (48 ч).

Выделение столь малой трудоемкости на преподавание дисциплины определяет необходимость использования новых методических приемов ведения образовательного процесса.

Основные положения методики проведения лекций, практических и самостоятельных занятий

1. Проводят обзорные лекции по каждому из трех разделов дисциплины:

Раздел 1. Теоретические основы анализа безопасности в системе «человек–среда».

Раздел 2. Экспертиза и аудит состояния безопасности объектов и систем.

Раздел 3. Форма представления, назначение и применение результатов экспертизы, аудита и сертификации безопасности.

2. В пределах каждого раздела после обзорной лекции проводят практические занятия в виде семинаров.

В качестве тем семинарских занятий преподаватель выбирает наименования основных подразделов по перечню практических (семинарских) занятий, который приведен в рабочей программе.

3. Темы предстоящих занятий сообщаются заранее двум-трем студентам, которые готовят сообщения по теме.

4. Семинары проводят по следующей методике.

Пассивная форма предполагает изложение преподавателем основных положений подразделов тематического плана и составляет не более 20 % от общего аудиторного времени семинара.

В последующей активной форме участвуют магистранты – основной докладчик и содокладчики, которые заранее подготовились по этой теме. Длительность этой формы – до 40 % от времени семинара.

Заключительная интерактивная форма семинара предусматривает участие остальных студентов группы, докладчиков и преподавателя в обсуждении основных положений сообщений студентов в виде вопросов, ответов и высказывания мнений.

5. Самостоятельная работа магистранта.

Самостоятельная работа магистранта проводится в форме домашнего задания, которое выполняется по одному из вариантов из перечня предлагаемых тем контрольных домашних работ (рефератов).

Оценка знаний обучаемых

По результатам каждого семинарского занятия преподаватель определяет активность магистрантов, качество логических рассуждений и мнений, выставляет промежуточные оценки по теоретическому курсу, а также оценивает домашнее задание. Общая успеваемость магистранта оценивается при итоговом контроле знаний во время зачета.

Библиографический список

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по специальности 280700.68 «Техносферная безопасность» (квалиф. (степень) «магистр»): утв. приказом Мин-ва образования и науки РФ № 758 от 21 декабря 2009 г. – М. – 2009. – 31 с.

2. Гамм Т.А. Рабочая программа дисциплины «Экспертиза безопасности» по направлению подготовки 280700.68 «Техносферная безопасность территорий региона» (квалиф. (степень) «магистр») / Т.А. Гамм. – Омск: ОГТУ, 2013. – 11 с.

3. Белькова С.В. Рабочая программа дисциплины «Экспертиза безопасности» по направлению подготовки 280700.68 «Техносферная безопасность территорий региона» (квалификация (степень) «магистр») / С.В. Белькова. – Оренбург: ОГУ, 2013.– 14 с.

УДК 630.624

Э.Ф. Герц, Г.А. Прешкин, А.В. Солдатов
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), soldatov@usfeu.ru

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ПОДГОТОВКЕ ЛЕСОИНЖЕНЕРОВ-МЕНЕДЖЕРОВ

INNOVATIVE APPROACH TO FOREST MENEGERS EDUCATION

В статье утверждается, что новые знания должны занимать ключевые позиции в развитии экологизации лесных отраслей экономики. Это обстоятельство радикально изменяет место статуса лесотехнического образования в структуре ценностей общественной жизни, соотношение таких её сфер, как высшее образование и экономика. Подчёркивается необходимость вовлечения предпринимателей в качестве полноправных субъектов проведения исследований в рамках бизнес-концепции устойчивого развития и воспроизводства лесопользования, которые рассматриваются в качестве потенциального резерва научно-педагогических кадров образовательных учреждений.

The article argues that new knowledge must occupy a key position on the development of the greening of the forest industries. This fact radically changes the status of forestry education in the structure of values in public life, the ratio of its spheres such as higher education and the economy. Stresses the need to involve entrepreneurs as full subjects of research in the framework of the business concept of sustainable development and reproduction of forest management, considering them as a potential reserve of scientific and pedagogical staff of educational institutions.

Политические преобразования в России настоятельно ставят вопрос о порядке построения экологически рачительной лесной экономики в рамках стратегической модели устойчивого развития лесопользования. Программой предусматривается создание эффективных механизмов реализации социального и эколого-экономического развития регионов, опирающихся на инновационность результатов фундаментальных и прикладных научно-исследовательских разработок, на существенный прирост отдачи от экономики знаний в системе производственных структур, использующих принципы самоорганизации и самоуправления [1]. Отсюда возникает потребность в обеспечении лесных секторов экономики кадрами, владеющими компетенциями и способными принимать решения для продвижения актуальных научных разработок и фундаментальных практически ориентированных идей, имеющих инновационную готовность для применения в программах развития субъектов хозяйственной, управленческой и образовательной деятельности. Это вызывает необходимость в росте объёмов научно-исследовательской деятельности, в которой значительную долю занимает наработка интеллектуального капитала, создание новых знаний.

Эволюция знания в основной источник стоимости объективно вызвана дефицитом природных ресурсов, поэтому в качестве альтернативного источника прибыли всё чаще выступают знания, инновации и способы их практического применения. Новые знания будут занимать ключевые позиции в экономическом развитии, и это обстоятельство радикально изменяет место статуса образования в структуре ценностей общественной жизни, соотношение таких её сфер, как высшее образование и экономика [2].

Под инновационным процессом авторы понимают процесс инновационных преобразований лесотехнического образования для удовлетворения профессиональных компетенций во всех сферах предпринимательской деятельности и средствах её обеспечения. Инновацией, наряду с материалами и процессами, могут быть интеллектуальные результаты научно-исследовательской деятельности, но обязательно приносящие значительный социальный и/или эколого-экономический эффект. Обычно инновационный процесс подразделяется на два этапа: на первом этапе проводятся поисковые и прикладные научно-исследовательские работы для выработки новых знаний и их опытного применения в управлении или технологиях промышленного производства товаров. На другом этапе новые знания используются в маркетинговых исследованиях для определения ёмкости секторов инновационных товаров и услуг в системе российских и зарубежных рынков, а также в сфере высшего специального образования.

Необходимость опережающего завоевания рынков как одного из важных критериев предпринимательской деятельности институтов приводит к обязательной опоре инновационного процесса на фундаментальные знания не только отечественной, но и мировой науки, поскольку ключ к научно-инновационному процессу лежит всё-таки в фундаментальных исследованиях. Процесс передачи фундаментальных знаний через прикладные результаты исследований проявляется через новые технологические и управленческие знания, из которых рождаются инновации. Возможно, это и является капитализацией ценностей фундаментальной науки в случаях использования её результатов в выработке новых социо-эколого-экономических знаний. В этом авторы усматривают роль фундаментальных наук как важнейшего звена в научно-инновационном процессе.

В условиях жесткого давления глобализации на интенсивность использования энергетических и природных ресурсов важным фактором является не только умелое владение современными технологиями и средствами менеджмента устойчивого управления лесами, но и развитие способностей самым эффективным образом создавать и использовать новые знания о стоимостной оценке лесных благ для применения в практике российского лесопользования.

Более двадцати лет тому назад с ростом доступности информационных технологий в лесных отраслях экономики страны возникла потребность в применении экономико-математических методов и имитационного моделирования для выработки сценариев и решения задач для управления рациональным использованием древесных ресурсов в регионах. Однако решение проблемы инновационного экономического роста сдерживал недостаток опережающего развития новых знаний о современных нормах количественной и стоимостной оценки технологически доступных ресурсов, необходимых для решения задач в практике принятия оптимальных управленческих решений при планировании лесозаготовок [3, 4]. По этой причине прогрессивная тенденция – «экономика, основанная на знаниях» (knowledge-based economy) широкого распространения не получила из-за недостаточного взаимодействия между производителями и потребителями новых знаний о нормах использования лесных полезностей. По причине недостатка мобильности и институционального многообразия новых знаний не произошло их распространение, распределение и обеспечение ресурсами для решения разнообразных комплексных экологических и социальных проблем в хозяйственной практике.

Процесс создания новых знаний нормативов, экономически и технологически доступных лесных полезностей носит кумулятивный характер, в ходе которого естественно формируются новые научные направления в экономике лесопользования. Они базируются на результатах ранее проведенных научных исследований, которые выступают в качестве исходного ядра для их совершенствования и внедрения научных результатов в экономику и образование [5]. В условиях конкуренции за овладение национальными природными ресурсами и высокоэффективными инновациями, самым важным фактором для лесных регионов становится усвоение определённого набора навыков для устойчивого управления российскими лесами как возобновляемым природным ресурсом. Под устойчивым управлением авторы понимают обеспечение баланса возможностей лесов и потребностей общества в удовлетворении нынешнего и будущих поколений в лесных товарах и услугах с учётом роста лесного дохода на базе новой концепции эколого-экономической устойчивости развития, смысл которой состоит в оценке как текущих поступлений, так и динамики активов.

В данном случае обучающая экономика (learning economy) – это методика использования инструментария (имитационных многокритериальных моделей системной динамики формирования стоимостей лесных полезностей), которая позволяет менеджерам развивать умения создавать сценарии и решать сложные задачи рационального управления экологизацией лесопользования, которая необходима в современной практике хозяйствования в лесах [6, 7]. Сбалансированное потребление и воспроизводство природных ресурсов лесных экосистем является решающим фактором социально-экономического успеха, причём без потерь экологического потенциала региона. В зависимости от типа лесов и способа их освоения, глубины переработки ресурсов и технологий их воспроизводства, технологические возможности обучения менеджеров могут существенно различаться. Инструментом обучения науке лесопользования служат многокритериальные имитационные модели системной динамики для выработки лучших управляющих решений с учётом социальных и эколого-экономических ограничений, представленных в виде научно обоснованных количественных и качественных нормативов использования и воспроизводства полезностей лесов. Применение этого инструмента является одним из признаков новой экономики, в которой господствует

инновационный принцип хозяйствования на территории лесных земель, суть которого состоит в том, что главным источником внедрения нововведений в социальное и экологическое благополучие общества выступает наука и качественное образование [8, 9]. Главным её носителем выступает человек с высокоразвитой инновационной культурой, он формирует и реализует свой креативный потенциал, что важно для его самого и для общества. Молодые и талантливые выпускники не очень стремятся к научной деятельности по лесным инженерным специальностям. Профессионально-возрастная преемственность возможных научных руководителей сейчас характеризуется «эродирующим оврагом», заполненным кадрами дипломированных учёных явно непрофильных специальностей. Кадровая политика в направлении отбора и подготовки научных кадров из специалистов, необходимая для научно-технической сферы деятельности десятилетиями не подкреплялась организационно-экономическими мероприятиями, которые способствовали целенаправленному улучшению кадрового потенциала лесопромышленной отрасли. Все это свидетельствует о том, что пока не сложилась система формирования потенциала кадрового состава научно-инновационной общности лесопользователей, отвечающей современным требованиям стратегического развития лесного комплекса.

Таким образом, инновационные функции науки требуются как при производстве лесных товаров, так и в кадровом обеспечении лесных секторов экономики, которые формируют главные черты современного научного направления процесса рационального использования национальных лесных ресурсов:

- активное развитие инновационного процесса формирования систем современных таксационных нормативов натурально-вещественных и стоимостных оценок лесных полезностей с подключением фундаментальной, практически ориентированной науки как основы создания и развития принципиально новых видов предпринимательства в сфере лесопользования;

- вовлечение предпринимателей в качестве полноправных субъектов проведения научно-исследовательского процесса в рамках бизнес-концепции устойчивого развития лесопользования и формирования потенциала научно-педагогических кадров профессиональных образовательных учреждений;

- раскрытие потенциала востребованности инновационного процесса развития путём использования инструментария – имитационных многокритериальных моделей системной динамики формирования стоимостей лесных полезностей. Эта модель способствует активизации роста ценности человеческого капитала в процессах обучения при подготовке национальных кадров менеджеров к готовности использования новых знаний в лесных отраслях экономики.

По мнению авторов, инновационные функции науки и образования в условиях новой экономики служат достижению стратегических целей развития лесопользования в лесных регионах. Они определяют необходимость формирования основных экономических механизмов перевода лесопользования на инновационную модель устойчивого развития лесного сектора экономики [7]. Актуальной остаётся проблема совершенствования научно-методического обеспечения, удовлетворяющего требованиям стандарта качественной подготовки кадров с уровнем компетенций, достаточным для достижения поставленных стратегических целей развития лесного комплекса России.

Библиографический список

1. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года: утв. распоряжением Правительства РФ от 08.12.2011 г. № 2227-р.
2. Стратегические приоритеты регионального развития: от теории к принципам формирования единого социально-экономического пространства / под ред.

чл.-корр. РАН, доктора экон. наук В.В. Окрепилова; Ин-т проблем региональной экономики РАН. – СПб: Наука, 2009. – 449 с.

3. Прешкин Г.А. Выход сортиментов при целевой поштучной раскряжевке хлыстов / Г.А. Прешкин // Лесной журнал. – 1977. – № 6. – С. 134–138.

4. Прешкин Г.А. Моделирование специализированной раскряжёвки осиновых и берёзовых хлыстов / Г.А. Прешкин, А.В. Солдатов // Лесной журнал. – 1989. – № 3. – С. 43–48.

5. Прешкин Г.А. Концепция управления лесными природно-хозяйственными комплексами / Г.А. Прешкин, Е.Я. Власова // Известия Урал. гос. экон. ун-та. – Екатеринбург: Изд-во УрГЭУ, 2009. – № 2 (24). – С. 144–150.

6. Прешкин Г.А. Модель стоимостной оценки лесных благ / Г.А. Прешкин // Аграрный вестник Урала. – Екатеринбург: УрГСХА, 2011. – № 11 (90). – С. 61–62.

7. Прешкин Г.А. Инновационная модель устойчивого управления лесами / Г.А. Прешкин // Агропродовольственная политика России. – Тюмень: Изд-во Тюменской ГСХА, 2014. – № 8. – С. 59–62.

8. Kevin K. New rules for the new economy / K. Kevin // WIRED. – September, 1997. – URL: <http://wired.com/wired/5.09/newrules.html>.

9. Plott C. Handbook of experimental economics results / C. Plott, V. Smith // ELSEVIER B.V., 2008. – 1184 Pp.

УДК 378.147:372.851

Л.Г. Тимофеева, Н.Н. Черемных
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ), ugltingmh@yandex.ru

НОВЫЕ МЕТОДЫ В ОБУЧЕНИИ ГЕОМЕТРО-ГРАФИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ БАКАЛАВРОВ ТРАНСПОРТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ

NEW METHODS IN TRAINING GEOMETRO GRAPHIC DISCIPLINES BACHELORS TRANSPORT DIRECTIONS

Рассмотрены возможности использования новых технологий, в частности электроэрозионной обработки прочных металлических материалов, в деталях транспортного и лесопромышленного назначения.

Consider the use of new technologies, in particular electric discharge machining durable metal materials, parts, transport and forestry purposes.

На протяжении десятилетий при изучении геометро-графических дисциплин (раздел машиностроительного черчения), деталей машин и основ конструирования, в том числе в конструктивных частях дипломных проектов, при разработке сборочных и рабочих чертежей учитывались следующие типовые методы технологии металлов [1–10]. Придерживаясь последовательности учебника [1], используемого в первую очередь в МВТУ им. Баумана, начнем со сверления глухого отверстия и нарезания в нем резьбы метчиком. Более сложным является нарезка внутренней резьбы резцом. Здесь надо сформировать поверхности под резьбу и проточки для выхода резца (так, для метрической резьбы надо определить 4 различные параметра в функции шага резьбы). Обточка ступенчатого валика при установке в центрах токарно-винторезного станка, проточка канавок для выхода резьбового резца или шлифовального круга – распространенные операции [3, 5]. Получение на валах шпоночных канавок прорезной фрезой,

специальной шпоночной (для сегментных шпонок) и концевой – тоже известные и широко распространенные технологические операции, которые при 2-3-семестровых учебных планах по инженерной графике демонстрировались студентам младших курсов. В настоящее время практически на всех специальностях и направлениях указанное образование сведено к 1-2-м семестрам.

Последующее обучение по деталям машин и основам конструирования уже требует от студента знания и применения при курсовом проектировании многих видов механической обработки.

Общеизвестно, что, к примеру, при сверлении отношение длины отверстия к диаметру для разных требований к точности и шероховатости может достигать величины 5, 10 и даже 20–30. Зная эти классические ограничения, и студенты, и конструкторы, ориентирующиеся на «привычную» технологию, стараются избегать применения тонких длинных цилиндрических и просто квадратных глухих и сквозных отверстий.

Однако современные технологии позволяют снять эти ограничения.

Для примера продемонстрируем это на электроэрозионной обработке металлических материалов. Она может использоваться для обработки любых токопроводящих материалов (включая твердый сплав и поликристаллический алмаз) с точностью до тысячных долей миллиметра. За счет этих возможностей, электроэрозия становится одной из ключевых технологий в области инструментального производства. В принципе, различают 2 вида эрозии – проволочную резку и прошивку при долговременной точности [11–13].

На рисунке 1 показана деталь, выполненная методом электроэрозионной проволочной резки. Деталь в сборе имеет форму параллелепипеда, состоящего из двух отдельных частей, соприкасающихся между собой по криволинейной (конической) поверхности и шести плоскостям. Зрительно линию разъема невозможно увидеть, т.к. соединение является беззазорным. Шероховатость поверхностей деталей в зоне соединения соответствует Ra 0,26. Точность электроэрозионных станков с ЧПУ достигает 0,001 мм, поэтому с большой степенью точности гарантировано повторение заложенной в программе геометрии поверхности.



Рис. 1. Деталь, выполненная методом электроэрозионной проволочной резки

На рисунке 2 показан образец, имеющий сложный профиль сечения, который невозможно получить обычными методами резания металлов. В центре детали выполнено отверстие (отношение длины отверстия к его диаметру равно 60) с использованием электроэрозионной супердрели.

Таким же способом получено отверстие диаметром 1 мм в детали длиной 180 мм (рис. 3).



Рис. 2. Деталь со сложным профилем сечения, обработанная электроэрозионной супердрелью



Рис. 3. Деталь, обработанная с использованием электроэрозионной супердрели

Библиографический список

1. Чекмарев А.А. Начертательная геометрия и черчение / А.А. Чекмарев. – М.: Владос, 2005. – 471 с.
2. Арефьева О.Ю. Инженерная графика / О.Ю. Арефьева, Н.Н. Черемных. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. – 408 с.
3. Черемных Н.Н. Альбом чертежей для детализации оборудования лесопромышленного комплекса / Н.Н. Черемных, О.Ю. Арефьева. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2010. – 135 с.
4. Черемных Н.Н. Интеллектуализация конструкторско-технологического проектирования / Н.Н. Черемных, О.Ю. Арефьева // Труды VII Междун. евразийск. симпозиума «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века». – Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. – С. 318–320.
5. Шабалин Л.А. Приводы машин лесного комплекса / Л.А. Шабалин, В.Ф. Виногородов // Атлас по деталям машин и основам конструирования. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2006. – 111 с.
6. Гузненков В.Н. Геометро-графическое образование в техническом университете / В.Н. Гузненков // Alma mater (Вестник высшей школы). – 2014. – № 10. – С. 71–75.
7. Гузненков В.Н. Геометро-графическая подготовка в техническом университете / В.Н. Гузненков // Российский научный журнал. – 2013. – № 6. – С. 159–166.
8. Гузненков В.Н. Геометро-графическая подготовка как интегрирующий фактор образовательного процесса / В.Н. Гузненков // Образование и общество. – 2014. – № 2. – С. 26–28.

9. Гузненков В.Н. Проектирование геометро-графической подготовки в техническом университете / В.Н. Гузненков, В.И. Якунин // Образование и общество. – 2013. – № 6. – С. 25–27.

10. Гузненков В.Н. Принципы формирования структуры и содержания геометро-графической подготовки / В.Н. Гузненков // Стандарты и мониторинг в образовании. – 2013. – № 6. – С. 34–39.

11. Металлообработка и станкостроение // Мир станкостроения и технологий. – Сентябрь, 2013. – № 9. – 44 с.

12. Электроэрозионные проволочно-вырезные станки // Проспект «Галика АГ (Швейцария). Технологии и промышленное оборудование», СИТ200, СИТ300, СИТ400. – 26 с.

13. Электроэрозионные проволочно-вырезные станки // Проспект «Галика АГ (Швейцария). Технологии и промышленное оборудование», СИТ20Р, СИТ30Р. – 22 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Приветствие ректора участникам симпозиума.....	3
Эффективность и конкурентоспособность	
предприятий лесного комплекса.....	4
КРИТЕРИЙ ОПТИМАЛЬНОСТИ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ МАЛОГО ЛЕСОПИЛЕНИЯ (П.А. Бирюков, М.В. Кузьмина, А.А. Терин).....	4
ВЫЗОВЫ И РИСКИ РЕФОРМИРОВАНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА (П.А. Бирюков, М.В. Кузьмина).....	7
ОДИН ИЗ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАЛЫХ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА (В.М. Кириченко, Л.А. Перепелкина, В.Г. Новоселов).....	9
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНТРОЛЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (А.О. Леонович).....	16
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ И ТОПЛИВНОЙ ЩЕПЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ВЕТРОВАЛЬНО-БУРЕЛОМНЫХ ЛЕСОСЕК (А.С. Федоренчик, А.В. Ледницкий, П.А. Протас).....	21
Новые технологические решения в заготовке,	
переработке и отделке древесины.....	26
ТРАДИЦИОННАЯ И НОВАЯ ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ (В.П. Агапов)	26
УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ СПОСОБ ПОДГОТОВКИ ВОЗДУХА С ЗАДАНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ В ЛЕСОСУШИЛЬНОЙ КАМЕРЕ (В.П. Агапов).....	29
ПРОБЛЕМА МАШИНИЗАЦИИ РУБОК УХОДА (Ю.Е. Вадбольская, В.А. Азаренок).....	35
ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ ТВЕРДОСТИ ДРЕВЕСИНЫ (М.В. Газеев, М.Н. Ильичева, И.В. Желваков, В.Н. Трудов)	37
ИЗГОТОВЛЕНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ ПАРКЕТНЫХ ДОСОК С ЛИЦЕВЫМ СЛОЕМ ИЗ УПЛОТНЕННОГО ШПОНА (Л.В. Игнатович).....	41
АНАЛИЗ ВИДОВ И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ МАТРАСОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ КРОВАТЕЙ (М.И. Иштыбаева, И.В. Яцун).....	46
ИНФОРМАТИВНОСТЬ ПРОДУКЦИИ (Н.К. Казанцева, Т.В. Казанцева, Е.С. Синегубова).....	50
ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ (Н.К. Казанцева, Е.А. Котель, Е.С. Синегубова).....	56
ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ В ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЯХ МЕТОДАМИ ИМПУЛЬСНОЙ ТОМОГРАФИИ И ОРИЕНТИРОВАННОГО СВЕРЛЕНИЯ (М.Ф. Лавров, А.Е. Местников, Ю.Б. Левинский).....	60

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛАСТИКОВ ИЗ ТОРФА БЕЗ ДОБАВЛЕНИЯ СВЯЗУЮЩИХ (С.С. Тютиков).....	68
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ ПЕЛЛЕТ (С.С. Тютиков, А.В. Коренюк).....	70
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕКОТОРЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОЛОВ (С.С. Тютиков, С.Р. Нуриев, И.О. Бабаков, А.Д. Мышкина, А.М. Беленов, Е.В. Фефелова).....	72
ВЛИЯНИЕ ПРОПАРИВАНИЯ ЖЕСТКИМИ РЕЖИМАМИ НА СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ ТВЕРДЫХ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД (И.Г. Федосенко, А.В. Гривицкая).....	74
МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ НЕПРЕРЫВНОГО ПРЕССОВАНИЯ ИЗ ТВЕРДЫХ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД (И.Г. Федосенко, К.П. Сушко).....	79
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ АНТИСЕПТИКОВ В ДРЕВЕСИНЕ ПРИ ПРОПИТКЕ ПОД ИЗБЫТОЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ (И.Г. Федосенко, В.В. Трутко, М.В. Шкробот).....	83
АЛГОРИТМЫ И МАШИННЫЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛЕСООБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕХОВ: ОБОБЩЕННАЯ СХЕМА КОМПОНЕНТ-ПРОГРАММЫ «ПОТОК» (В.В. Чамеев, Г.Л. Васильев, Ю.В. Ефимов, В.В. Терентьев).....	87
МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПОЛИВИНИЛАЦЕТАТНЫЕ КЛЕИ ДЛЯ СКЛЕИВАНИЯ МАССИВНОЙ ДРЕВЕСИНЫ (С.В. Шетько, С.С. Гайдук).....	93
ВЛИЯНИЕ КАПИЛЛЯРНОЙ ПРОВОДИМОСТИ ДРЕВЕСИНЫ НА НЕИЗОТЕРМИЧЕСКИЙ ВЛАГОПЕРЕНОС (Е.Е. Шишкина, А.Г. Гороховский).....	97
АНАЛИЗ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ (А.В. Шустов).....	101
Деревообработка в малоэтажном и индустриальном домостроении.....	104
СОЕДИНЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДОМОВ КАРКАСНОГО ТИПА (О.К. Леонович)	104
ПОЛУЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ ИЗ ОТХОДОВ ДЕРЕВОПЕРЕРАБОТКИ (Е.И. Стенина, Д.В. Архипов, О.В. Черноскутова).....	111
ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ БЛОКОВ СЛОИСТОЙ КОНСТРУКЦИИ (Е.И. Стенина, И.В. Нижников).....	117
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЯГКИХ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ВЫСОКОЙ ВЛАЖНОСТИ (Е.И. Стенина, К.Д. Семуха).....	120
Прогрессивное деревообрабатывающее оборудование и инструмент.....	124
ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ СБОРНЫХ ВИНТОВЫХ СВЕРЛ ДЛЯ СКВОЗНОГО СВЕРЛЕНИЯ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ (А.Ф. Аникеенко, А.Ю. Тишевич).....	124

РАЗВИТИЕ НАУКИ О РЕЗАНИИ ДРЕВЕСИНЫ (И.Т. Глебов).....	131
УДАЛЕНИЕ СТРУЖКИ ПРИ СВЕРЛЕНИИ (И.Т. Глебов, Г. Амет)	137
ШЕРОХОВАТОСТЬ ФРЕЗЕРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ КРОМОК ФАНЕРЫ (И.Т. Глебов, Г. Амет).....	142
ВЛИЯНИЕ ПОТЕРИ РЕЖУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ НОЖЕЙ ФРЕЗЕРНО-БРУСУЮЩИХ СТАНКОВ НА КАСАТЕЛЬНУЮ СОСТАВЛЯЮЩУЮ СИЛЫ РЕЗАНИЯ (С.А. Гриневич, В.В. Раповец, Г.В. Алифировец).....	146
ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА СОПРЯГАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ РЕФЛЕКТОРНОГО ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА (А.А. Гришкевич, В.С. Вихренко, В.Н. Гаранин).....	149
МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО УДАЛЕНИЮ ПРОДУКТОВ РЕЗАНИЯ С ПОВЕРХНОСТИ ШЛИФОВАЛЬНОЙ ШКУРКИ (А.А. Гришкевич, О.И. Костюк).....	156
ПИЛЕНИЕ ИСКРИВЛЕННЫХ БРУСЬЕВ НА МНОГОПИЛЬНЫХ СТАНКАХ (А.С. Красиков).....	162
РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ РАБОЧЕЙ КАМЕРЫ ШЕСТЕРЕННОГО ПНЕВМОМОТОРА (Л.Т. Раевская).....	165
МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ В ПАКЕТЕ LS-DYNA (В.В. Раповец, А.А. Гришкевич, С.В. Медведев, Г.Г. Иванец).....	170
РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КАЛИБРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МАССИВНОЙ ДРЕВЕСИНЫ (И.Т. Рогожникова, В.И. Сулинов, В.Г. Новоселов, Т.В. Полякова).....	176
НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ АСПИРАЦИИ И ПНЕВМОТРАНСПОРТА В ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРОИЗВОДСТВЕ (С.П. Трофимов).....	180
УПРОЧНЕНИЕ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ФОРМИРОВАНИЕМ КОМБИНИРОВАННЫХ ZrN-Ni-Co-ПОКРЫТИЙ (В.В. Чаевский, А.А. Гришкевич, В.В. Жилинский, В.В. Углов, А.К. Кулешов)...	184
Проблемы безопасности и экологии	
в переработке древесины	189
РАСЧЕТ ШУМА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ СТАНОЧНИКОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ МАЛЫХ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ (В.Н. Старжинский, С.В. Совина, С.Ю. Тракало).....	189
ОЦЕНКА СНИЖЕНИЯ ШУМА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ СТАНОЧНИКОВ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ ЗА СЧЕТ УСТРОЙСТВ ЧАСТИЧНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ (В.Н. Старжинский, С.В. Совина, С.Ю. Тракало).....	192
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТБО ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОГАЗА (Н.А. Шпак, Д.Б. Вукович).....	195

Проблемы профессионального образования и инжиниринга в деревообработке	198
СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ЭКСПЕРТИЗА БЕЗОПАСНОСТИ» ПРИ ПОДГОТОВКЕ МАГИСТРОВ (М.Н. Гамрекели).....	198
ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ПОДГОТОВКЕ ЛЕСОИНЖЕНЕРОВ-МЕНЕДЖЕРОВ (Э.Ф. Герц, Г.А. Прешкин, А.В. Солдатов).....	200
НОВЫЕ МЕТОДЫ В ОБУЧЕНИИ ГЕОМЕТРО-ГРАФИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ БАКАЛАВРОВ ТРАНСПОРТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ (Л.Г. Тимофеева, Н.Н. Черемных).....	204

CONTENTS

Rector's greeting to participants of the symposium.....	3
Efficiency and competitiveness of the enterprises of the forest complex	4
CONCERNING AN OPTIMALITY CRITERION FOR THE ORGANIZING OF SMALL-BUSINESS SAW-MILLING (P.A. Biryukov, M.V. Kuzmina, A.A. Terin).....	4
CHALLENGER AND RISKS IN COURSE OF REFORVING OF THE FOREST SECTOR (P.A. Biryukov, M.V. Kuzmina).....	7
ONE OF WAYS OF INCREASE OF EFFICIENCY OF THE SMALL TIMBER INDUSTRY ENTERPRISES OF THE URAL REGION (V.M. Kirichenko, L.A. Perepelkina, V.G. Novoselov).....	9
IMPROVE CONTROL OF BUSINESS ENTERPRISE WOODWORKING INDUSTRY (A.O. Leonovich).....	16
ECONOMIC ASSESS OF PRODUCTION EFFICIENCY ROUND WOOD AND FUEL CHIPS IN THE CUTTING AREAS REMOVING FROM THE WIND-FALLEN FOREST (A.S. Fedorenchik, A.V. Lednitskiy, P.A. Protas).....	21
New technological decisions in preparation, processing and wood finishing	26
TRADITIONAL AND NEW WOOD DRYING TECHNOLOGIES (V.P. Agapov).....	26
IMPROVED METHOD OF AIR PREPARING WITH SPECIFIED PARAMETERS IN WOOD DRYING CAMERA (V.P. Agapov)	29
THE PROBLEM MECHANIZATION OF THINNING (Yu.E. Vadboldskaya, V.A. Azaryonok).....	35
THE RESEARCH OF STATIC HARDNESS OF WOOD (M.V. Gazeev, M.N. Ilichyova, I.V. Zhelvakov, V.N. Trudov).....	37
PRODUCTION OF MULTILAYER PARQUET BOARDS WITH THE TOP LAYER OF DENSIFIED VENEER (L.V. Ignatovich).....	41

ANALYSIS OF THE TYPES AND CONSUMER PROPERTIES OF MATTRESSES, INTENDED FOR EQUIPMENT OF BEDS (M.I. Ishtyibaeva, I.V. Yatsun).....	46
INFORMATION CONTENT OF PRODUCTS (N.K. Kazantseva, T.V. Kazantseva, E.S. Sinegubova).....	50
TECHNICAL REGULATION IN MODERN CONDITIONS (N.K. Kazantseva, E.A. Kotel, E.S. Sinegubova).....	56
RESEARCHING OF THE DENSITY DISTRIBUTION IN THE TRANSVERSE SECTIONS BY MICRODRILLING AND ULTRASONIC METHODS (M.F. Lavrov, A.E. Mestnikov, Yu.B. Levinskiy).....	60
RESARCH MANUFACTORY PLAST FROM PEAT WITHOUT ADDITION GLUE (S.S. Tyutikov).....	68
TECHNOLOGICAL PROCESS OF PRODUCTION FUEL PELLETS (S.S. Tyutikov, A.V. Korenyuk).....	70
INVESTIGATION OF PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF SOME MATERIALS FOR FLOORS (S.S. Tiutikov, S.R. Nuriev, I.O. Babakov, A.D. Myshkina, A.M. Belenov, E.V. Fefelova).....	72
INFLUENCE STEAMING HARD MODE ON PROPERTIES OF SOLID HARDWOOD (I.G. Fedosenko, A.V. Grivitskaja).....	74
MECHANICAL PROPERTIES OF CONTINUOUS FUEL BRIQUETTES PRESSING OF SOLID HARDWOOD (I.G. Fedosenko, K.P. Sushko).....	79
DISTRIBUTION COPPER-CONTAINING WOOD PRESERVATIVES AT IMPREGNATION PRESSURIZED (I.G. Fedosenko, V.V. Trutsko, M.V. Shkrobot).....	83
ALGORITHMS AND COMPUTER PROGRAMS FOR RESEARCH TECHNOLOGICAL PROCESSES OF WOOD SHOP: GENERALIZED SCHEME OF THE COMPONENT PROGRAM "POTOK" (V.V. Chameev, G.L. Vasilev, Yu.V. Efimov, V.V. Terentev).....	87
THE MODIFIED POLYVINYL ACETATE ADHESIVES FOR BONDING SOLID WOOD (S.V. Shetko, S.S. Gayduk).....	93
THE IMPACT OF CAPILLARY CONDUCTIVITY OF WOOD IN NON-ISOTHERMAL MOISTURE TRANSFER (E.E. Shishkina, A.G. Gorohovskiy).....	97
AN ANALYSIS OF ESTIMATION OF ACCORDANS IS IN WOODWORKING (A.V. Shustov).....	101
Woodworking in low and industrial housing construction	104
INCREASED ENVIRONMENTAL SAFETY AND THERMAL RESISTANCE OF WALL PANELS HOUSES OF FRAME TYPE (O.K. Leonovich).....	104
A CONSTRUCTION OF SAWDUST COMPOSITES (E.I. Stenina, D.V. Arhipov, O.V. Chernoskutova).....	111

THE PROSPECT OF CREATING THE BUILDING BLOCKS OF LAYERED STRUCTURES (E.I. Stenina, I.V. Nizhnikov).....	117
PROSPECTS OF USING SOFT WASTE WOOD OF HIGH HUMIDITY (E.I. Stenina, K.D. Semuha).....	120
Progressive woodworking equipment and tool	124
FEATURES DESIGN PREFABRICATED SPIRAL DRILLS OR DRILLING THROUGH SHEET MATERIALS (A.F. Anikeenko, A.Yu. Tishevich).....	124
THE DEVELOPMENT OF THE SCIENCE OF CUTTING WOOD (I.T. Glebov).....	131
REMOVAL OF SHAVING WHEN DRILLING (I.T. Glebov, G. Amet).....	137
ROUGHNESS OF THE MILLED SURFACE OF EDGES OF PLYWOOD (I.T. Glebov, G. Amet).....	142
THE INFLUENCE OF THE LOSS OF CUTTING ABILITY OF CHIPPER MACHINES CUTTER ON TANGENTIAL CUTTING FORCE (S.A. Grinevich, V.V. Rapovets, G.V. Alifirovets).....	146
THE CALCULATION FEATURES OF THE CONTACT SURFACES OF REFLEX MILLING TOOLS (A.A. Grishkevich, V.S. Vihrenko, V.N. Garanin).....	149
THE METHODOLOGY AND RESULTS OF RESEARCH ON DISPOSAL OF CUTTING PRODUCTS FROM THE SURFACE OF THE SANDPAPER (A.A. Grishkevich, O.I. Kostyuk).....	156
SAW-MILLING OF THE BENT BARS ON THE MULTI-SAWING MACHINE TOOLS (A.S. Krasikov).....	162
CALCULATION OF THE WORKING CHAMBER CROSS-SECTION OF THE GEAR PNEUMOMOTORS (L.T. Raevskaya).....	165
THE METHODOLOGY OF MODELING DURING MACHINING OF WOOD MATERIALS BY MILLING IN THE SOFT LS-DYNA (V.V. Rapovets, A.A. Grishkevich, S.V. Medvedev, G.G. Ivanets).....	170
TO CALCULATION OF PRODUCTIVITY OF TECHNOLOGICAL SYSTEM OF CALIBRATION OF PRODUCTS FROM NATURAL WOOD (I.T. Rogozhnikova, V.I. Sulinov, V.G. Novoselov, T.V. Polyakova).....	176
NORMS OF DESIGNING ASPIRATION AND PNEUMATIC CONVEYING SYSTEMS IN WOODWORKING PRODUCTION (S.P. Trofimov).....	180
STRENGTHENING WOOD-CUTTING TOOLS BY FORMING COMBINED ZrN-Ni-Co-COATINGS (V.V. Chaevskiy, A.A. Grishkevich, V.V. Zhilinskiy, V.V. Uglov, A.K. Kuleshov)...	184
Problems of professional education and engineering in the woodworking	189
CALCULATING NOISE AT WORKPLACE WOODWORKING MACHINE OPERATORS IN ORGANIZING SMALL WOODWORKING ENTERPRISES (V.N. Starzhinskiy, S.V. Sovina, S.Yu. Trakalo).....	189

ASSESSMENT OF NOISE REDUCTION IN THE WORKPLACE OF WOODWORKING MACHINE OPERATORS BY PARTIAL ENCLOSURE DEVICE (V.N. Starzhinskiy, S.V. Sovina, S.Yu. Trakalo).....	192
USE OF HOUSEHOLD WASTE FOR PRODUCTION OF BIOGAZ (N.A. Shpak, D.B. Vukovich).....	195
Problems of professional education and engineering in the woodworking	198
THE CONTENT AND METHODOLOGICAL MAINTENANCE OF "SAFETY EXAMINATION" DISCIPLINE BY THE MASTERS TRAINING (M.N. Gamrekeli).....	198
INNOVATIVE APPROACH TO FOREST MANAGERS EDUCATION (E.F. Gerts, G.A. Preshkin, A.V. Soldatov).....	200
NEW METHODS IN TRAINING GEOMETRO GRAPHIC DISCIPLINES BACHELORS TRANSPORT DIRECTIONS (L.G. Timofeeva, N.N. Cheremnyih).....	204

ДЕРЕВООБРАБОТКА:

ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ, МЕНЕДЖМЕНТ XXI ВЕКА

**ТРУДЫ
X МЕЖДУНАРОДНОГО
ЕВРАЗИЙСКОГО СИМПОЗИУМА
22–25 сентября 2015 г.**

Под научной ред. В.Г. Новоселова

ISBN 978-5-94984-533-2



Редактор К.В. Корнева

Оператор компьютерной верстки Е.А. Газеева

Подписано в печать 07.09.15

Формат 60×84 1/8

Бумага тип

Печать офсетная

Уч.-изд. л. 15,5

Усл. печ. л. 25,1

Тираж 100 экз.

Заказ №

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37
Тел.: (343) 262-96-10. Редакционно-издательский отдел

Отпечатано с готового оригинал-макета

Типография ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО УМЦ УПИ»

620062, РФ, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Гагарина, 35а, оф. 2