

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет»
Минское областное отделение РГОО
«Белорусское общество «ЗНАНИЕ»
Международное общество ученых технического образования

Университет 3.0



ЛЕСНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ДИЗАЙН

**Материалы докладов 84-й научно-технической конференции,
посвященной 90-летию юбилею БГТУ
и Дню белорусской науки
(с международным участием)**

3-14 февраля 2020 года

Минск 2020

УДК 630*3+674 (06)(07.034.44)

ББК 43я73

Т 50

Лесная инженерия, материаловедение и дизайн : тезисы 84-й науч.-технич. конференции, посвященной 90-летию юбилею БГТУ и Дню белорусской науки (с международным участием), Минск, 03–14 февраля 2020 г. [Электронный ресурс] / отв. за издание И.В. Войтов; УО БГТУ. – Минск: БГТУ, 2020. – 192 с.

Сборник включает основные результаты проведенных научных исследований и научно-исследовательских работ, выполненных профессорско-преподавательским составом и аспирантами БГТУ, а также других учреждений образования, научных организаций и ведомств в 2019 году.

Представленные в нем материалы направлены на решение актуальных теоретических и прикладных вопросов создания и эксплуатации лесозаготовительных машин и оборудования, совершенствования и разработки ресурсосберегающих технологий лесозаготовок и деревообработки, проектирования, строительства и эксплуатации лесных автомобильных дорог. В материалах сборника также нашли отражение исследования, посвященные общетехническим и отраслевым проблемам создания новых конструкций дереворежущего инструмента, конкурентоспособных материалов, рационального и комплексного их использования, исследованиям процессов резания, сушки и огне-биозащиты древесины.

Результаты теоретических исследований и их практическая апробация, приведенные в сборнике, могут быть использованы научными сотрудниками и специалистами практиками в лесной и деревообрабатывающей промышленности, а также лесного машиностроения и станкостроения, проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог.

Рецензенты: Соловьева Т.В., д-р техн. наук, профессор
Кунтыш В.Б., д-р техн. наук, профессор
Лыщик П.А., канд. техн. наук, профессор

Главный редактор

ректор, д-р техн. наук, профессор И. В. Войтов

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Хорошун Н.В., Насковец М.Т., Россоха Е.В.</i> Итоги деятельности за 2019 год государственных лесохозяйственных учреждений и перспективы развития Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь.....	7
<i>Герман А.А.</i> Концептуальные направления развития конструкций лесопромышленных машин «Амкодор».....	11
<i>Леонovich О.К.</i> Стратегия инновационного развития лесопромышленного комплекса Республики Беларусь.....	13
Подсекция «Технология и оборудование лесозаготовительной промышленности»	
<i>Протас П.А., Ледницкий А.В., Шошин А.О., Мисуно Ю.И.</i> Направления реализации целей устойчивого развития в лесопромышленном производстве Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь.....	16
<i>Голякевич С.А., Жарков Н.И., Кононович Д.А., Насковец М.Т., Мохов С.П.</i> Лабораторные испытания противогололедных смесей для зимнего содержания лесных автомобильных дорог.....	18
<i>Лыццик П.А., Бавбель Е.И.</i> Совершенствование норм проектирования лесных автомобильных дорог.....	20
<i>Лыццик П.А., Науменко А.И., Кипра В.А.</i> Применение битумной эмульсии для укрепления местных грунтов при строительстве лесных автомобильных дорог.....	22
<i>Кононович Д.А., Симонович В.А., Смян А.И.</i> Математическая модель комплекса машин для сборки транспортировки лесосечных отходов.....	24
<i>Голякевич С.А., Гороновский А.Р., Асмаловский М.К.</i> Анализ работы системы управления приводом рубильного барабана.....	26
<i>Шошин А.О., Протас П.А., Мисуно Ю.И., Штолманн В., Барыляк В.В., Королько Н.</i> Прект инструкции по организации заготовки древесины канатными трелевочными установками.....	27
<i>Шошин А.О.</i> Экспериментальные исследования мобильных канатных установок в условиях заболоченного лесосечного фонда.....	29
<i>Лыццик П.А., Науменко А.И.</i> Исследование основных физико-механических свойств геосинтетических материалов для дорожного строительства.....	31
<i>Лой В.Н., Арико С.Е., Германович А.О., Чернявский В.В.</i> Обоснование параметров технологического оборудования универсального лесного шасси для содержания лесных дорог.....	33
<i>Насковец М.Т., Жарков Н.И., Антонович Д.В.</i> Опыт использования отходов лесопромышленного производства при устройстве подъездных путей на покрытых лесом территориях.....	35
<i>Ким Ю.А., Насковец М.Т., Жарков Н.И., Гиль В.И.</i> Исследование напряженно-деформированного состояния грунтового массива при воздействии с крупногабаритными колесными движателями.....	38
<i>Маматкабилов А.Х.</i> Уравнения криволинейного движения экипажа на баллонных колесах... ..	41
<i>Мисуно Ю.И., Протас П.А., Ледницкий А.В.</i> Актуализация вопросов использования возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь.....	44
<i>Платонов А.А.</i> Систематизация элементов формирования охранных зон ряда инфраструктурных объектов.....	46
<i>Исаченков В.С., Симанович В.А., Арико С.Е., Гиль В.И., Дубовиков А.И.</i> Регрессивный анализ работы колесной трелевочной машины с навесным технологическим оборудованием на грунтах со слабой несущей способностью.....	49
<i>Кушимов Б.А., Садиров А.Н., Мухаматов А.Т.</i> Экономико-технологические аспекты механизации уборки семян пустынных кормовых растений.....	51
<i>Кушимов Б.А., Садиров А.Н., Мухаматов А.Т.</i> Социально-экономические аспекты механизации процесса улучшения аридных пастбищ.....	55
<i>Исаченков В.С., Симанович В.А., Арико С.Е., Гиль В.И., Скурко А.Г.</i> Математическая модель колесной трелевочной машины с бесчечерным технологическим оборудованием с различными компоновочными решениями.....	59

<i>Исаченков В.С., Симанович В.А., Арико С.Е., Гиль В.И., Галах Н.В.</i> Регрессивный анализ работы колесной трелевочной машины с прицепным технологическим оборудованием на грунтах со слабой несущей способностью.....	62
<i>Лащенко А.П.</i> Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния слоистых систем с учетом времени нагружения.....	64
<i>Лащенко А.П.</i> Динамическое воздействие лесовозных автопоездов на покрытие автомобильных дорог с использованием теории графов.....	65
<i>Короленя Р.О.</i> Анализ эффективности работы автотранспорта при различных вариантах организации перевозки древесины.....	66
<i>Короленя Р.О.</i> Время цикла лесовозных транспортных средств для основных схем вывозки древесины.....	67
<i>Леонов Е.А., Клоков Д.В., Духовник А.А.</i> Оценка эффективности заготовки древесины машинными комплексами различных форм собственности.....	68
<i>Корогвич Д.В., Лыско Д.С.</i> Методика оценки размещения транспортно-технологических элементов лесосек с учетом концентрации древесного сырья.....	71
<i>Панкратович А.С., Протас П.А.</i> Особенности применения древесной щепы из отходов лесопиления в производстве композитных строительных материалов.....	73
<i>Кононович Д.А.</i> Моделирование и анализ воздействия единичных неровностей на рабочий орган уборочного лесохозяйственного оборудования.....	75
Подсекция «Технология и оборудование деревообрабатывающей промышленности»	
<i>Бовтрель А.Ю., Божелко И.К., Клюев А.Ю.</i> Антисептические свойства состава на основе канифоли.....	77
<i>Федосенко И.Г.</i> Использование коры деревьев в производстве конструкционно-теплоизоляционных плит.....	78
<i>Леонович О.К., Дуанов С.А.</i> Перспективные направления переработки натурального мореного дуба.....	80
<i>Леонович О.К., Божелко И.К., Махмудов Ж.И.</i> Технология производства экологически безопасных плит из хлопчатника.....	82
<i>Рудак О.Г.</i> Разработка рациональных режимов прогрева пиломатериалов в ненасыщенной среде.....	84
<i>Рудак О.Г.</i> Влагопроводность древесины сосны в период прогрева в ненасыщенной среде....	86
<i>Медвецкий А.И., Божелко И.К., Бабич Д.П., Коновалова А.А.</i> Сушка упаковочных изделий из натурального шпона.....	89
<i>Ручкина Е.В.</i> Мебельный пустотелый щит с сотовым наполнителем.....	91
<i>Бабич Д.П., Веретиков И.И., Данилов Д.Г.</i> Учет формы бревен при сортировке перед распиловкой.....	93
<i>Чесновский Е.В., Федосенко И.Г.</i> Изучение влияния составов и веществ на пористую структуру строительных материалов для упрочнения деструктурированной археологической древесины конструкций.....	94
<i>Шетько С.В., Игнатович Л.В., Гайдук С.С., Чуйков А.С.</i> Исследование реологических свойств водно-дисперсионных лакокрасочных материалов.....	97
<i>Трофимов С.П., Шафранский В.И.</i> Условия обеспечения подвижности и перемещения слоя измельченной древесины.....	99
<i>Сторожук В.Н., Ференц О.Б., Соляр Г.В., Казар В.С.</i> Оценка рисков на рабочих местах в деревообрабатывающей отрасли.....	102
<i>Стенина Е.И., Яббарова А.М.</i> Применение наноразмерных акцепторов для модификации древесно-стружечных композитов.....	105
<i>Барташевич А.А., Игнатович Л.В.</i> Тепловые параметры процесса склеивания слоистых систем.....	108
<i>Барташевич А.А., Игнатович Л.В.</i> Влияние деформационных параметров на качество склеивания слоистых древесных материалов.....	110
<i>Барташевич А.А., Билош Л.Г.</i> Напряжения клеевых соединений при склеивании разнородных древесных материалов.....	112
<i>Турумов Ш.Ф., Мелибаев Я.</i> Особенности проектирования модуля главного движения многоцелевого станка.....	113

<i>Юдицкий А.Ю., Жвирбля К.А., Гришкевич А.А.</i> Результаты исследований, определяющие ресурсосберегающие режимы шлифования древесины.....	118
<i>Болочко Д.Л., Гаранин В.Н.</i> Адаптация фрезерного инструмента по технологическому признаку.....	121
<i>Машорипова Т.А., Аникеенко А.Ф.</i> Повышение эффективности эксплуатации оборудования при обработке древесностружечных плит процессом сверления.....	124
Подсекция «Общетехническая»	
<i>Пищов М.Н., Бельский С.Е., Сурус А.И., Лось А.М.</i> Анализ виброускоренной зубчатой передачи переднего ведущего моста трелевочного трактора.....	126
<i>Пищов М.Н., Сурус А.И., Симанович В.А.</i> Исследование напряженного состояния зубчатой передачи трансмиссии трелевочного трактора.....	128
<i>Блохин А.В., Бельский С.Е., AdelAbdelBassetRashid.</i> Влияние примесных атомов замещения на характеристики усталости алюминиевых сплавов.....	130
<i>Блохин А.В., Бельский С.Е., AdelAbdelBassetRashid.</i> Исследование сопротивления изнашиванию образцов из алюминиевых сплавов после импульсной тепловой обработки.....	132
<i>Левита В.Б., Бельский С.Е., Пивоварчик К.В.</i> Анализ напряженного состояния поверхностного слоя инструментальных сталей после шлифования.....	134
<i>Левитан В.Б., Бельский С.Е., Вергейчик А.В.</i> Совершенствование сварных соединений комбинированного инструмента.....	136
<i>Пищов М.Н., Царук Ф.Ф., Блохин А.В.</i> Методика прогнозирования низкочастотной усталости конструкционных материалов.....	138
<i>Лось А.М., Блохин А.В., Сурус А.И., Ярмолик С.В.</i> Проектирование несущих элементов подъемно-транспортных машин системами конечно-элементного моделирования.....	140
<i>Гаранин В.Н., Болочко Д.Л., Шляжко А.Л.</i> Использование механизмов самоадаптации для повышения эффективности процесса обработки древесины цилиндрическими фрезами...	143
<i>Аникеенко А.Ф., Машорипова Т.А.</i> Использование упругих элементов в конструкциях сверлильного инструмента.....	145
<i>Клепацкий И.К., Раповец В.В.</i> Результаты промышленных испытаний упрочненного режущего инструмента фрезерно-брусующего оборудования.....	147
<i>Гришкевич А.А., Лукаш В.Т., Хомич И.Г.</i> Улучшение качества поверхности обработки при использовании новой конструкции пилы дисковой.....	149
<i>Гришкевич А.А., Гриневич С.А., Гаранин В.Н.</i> К вопросу обеспечения безопасности труда при эксплуатации круглопильного оборудования.....	152
<i>Гришкевич А.А., Гриневич С.А., Алифировец Г.В.</i> Влияние температуры ионно-плазменного азотирования на стойкость ножей профиляторов.....	154
<i>Аникеенко А.Ф., Гришкевич А.А., Бараненко П.А.</i> Влияние угла резания на мощность фрезерования и качество поверхности при обработке древесных материалов.....	155
<i>Раповец В.В., Медведев С.В.</i> Методика проведения вычислительных экспериментов с высокой детализацией для суперкомпьютерного моделирования процессов резания древесных материалов.....	158
<i>Вавилов А.В.</i> Совершенствование технологий и технических средств для производства вторичных продуктов из отходов вторичного происхождения.....	160
<i>Латушкина С.Д., Шкробот В.А., Куис Д.В., Рудько Ю.Г.</i> Вакуумно-плазменные покрытия на основе высокоэнтропийных сплавов, формируемые вакуумно-дуговым методом.....	161
<i>Степанкин И.Н., Поздняков Е.П., Кривенков А.А., Астрейко А.В., Куис Д.В.</i> Влияние режимов термохимической обработки на структурообразование и показатели свойств науглероженных слоев стали 42CrMoS4.....	163
<i>Куис Д.В., Сокоров И.О., Ванюк Э.А., Лобко Д.Н.</i> Исследование физико-механических свойств газотермических композиционных покрытий с наноуглеродными компонентами.....	165
<i>Раковец А.С., Куис Д.В., Свидуневич Н.А., Писаренко Л.З.</i> Особенности модифицирования серого чугуна, работающего в условиях частых термосмен.....	166
<i>Свидуневич Н.А., Куис Д.В., Окатова Г.П., Раковец А.С., Рудько Ю.Г.</i> Трещиностойкость наноструктурных композиционных материалов на основе наноуглерода с добавками бора и железа.....	168
<i>Касперов Г.И., Тризнюк Я.В., Михневич Э.И., Левкевич В.Е.</i> Зарубежный и отечественный опыт в области прогнозирования устойчивости бортов карьерных водоемов.....	170

<i>Касперов Г.И., Тризнюк Я.В., Михневич Э.И., Левкевич В.Е.</i> Классификация нарушений устойчивости бортов карьерных водоемов.....	172
<i>Касперов Г.И., Байдук А.А., Михневич Э.И., Левкевич В.Е.</i> Основные факторы и условия возникновения чрезвычайных ситуаций на судоходных реках.....	173
<i>Гарост М.М., Непарко С.С.</i> Расширение функциональных возможностей автомобильных кранов.....	174
<i>Лапенко В.В.</i> Ремонт лесных грунтовых дорог после прохождения современной лесозаготовительной техники.....	178
<i>Сафонов Б.П.</i> Критерии сравнительной оценки технического совершенства производственного оборудования.....	180
<i>Алиев С.С., Жураев А.Б., Ильхамов Г.У., Хабибуллаев Р.А.</i> Изучения физико-механических свойств ДПК на основе ПВХ.....	183
<i>Shomirzaev SM. KH.</i> Factors in the development of national art.....	186
<i>Каршиев М., Юнусалиева К. И.</i> Технология получение фильтрующих элементов для очистки гранатового сока методом порошковой металлургии.....	189

УДК: 630.3

Н.В. Хорошун, начальник отдела
промышленного производства,
магистр эконом. наук, магистр техн. наук
(Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь);
М.Т. Насковец, доц., канд. техн. наук;
Е.В. Росссоха, доц., канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

ИТОГИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗА 2019 ГОД ГОСУДАРСТВЕННЫХ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИНИСТЕРСТВА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА РЕС- ПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В 2019 году все задания по созданию лесов, установленные Государственной программой «Белорусский лес», выполнены лесхозами в полном объеме. Так, лесовосстановление и лесоразведение проведены на площади 51,8 тыс. га (121,9 % к годовому заданию), в том числе за счет посева и посадки леса заложено 43,8 тыс. га новых лесов (132,2 %). В общем объеме лесокультурного производства хвойные и твердолиственные породы занимают 97,2 % (42,6 тыс. га), мягколиственные (береза, липа, ольха черная и прочие) — 2,8 % (1,2 тыс. га). Перевыполнение установленных планов обусловлено необходимостью своевременного проведения работ по лесовосстановлению на участках разработанных усохших насаждений хвойных пород, на которых создано 29 046 га лесных культур, что превышает уровень 2018 года на 8064 га.

В рамках реализации подпрограммы 2 «Строительство лесохозяйственных дорог» Государственной программы «Белорусский лес» в 2019 году в лесном фонде Минлесхоза введено в эксплуатацию 17 лесохозяйственных дорог протяженностью 102,5 км. На их строительство затрачено 19 149,6 тыс. руб., в том числе 2574 тыс. руб. — собственные средства лесхозов и 16 575,6 тыс. руб. — отчисления от таксовой стоимости.

Из всех видов рубок заготовлено 20,9 млн куб. м ликвидной древесины при запланированном объеме 18,2 млн куб. м, что составило 115 %. Наибольшее превышение фактических объемов заготовки древесины над плановыми достигнуто Брестским (126,2 %) и Гомельским (123,1 %) ГПЛХО.

При этом 6,55 млн куб. м древесины заготовлено сторонними организациями путем оказания услуг (121,3 % к прошлому году).

На начало 2020 года насчитывалось 294 харвестера, 350 форвардеров, 817 сортиментовозов, 1285 машин погрузоч-

но-тран-спортных, 60 рубильных мобильных машин и др. техника. В 2019 году было приобретено 20 харвестеров и 35 форвардеров, 98 машин погрузочно-транспортных, 92 сортиментовоза, 15 рубильных машин и другая техника и оборудование на 66,5 млн руб. Это позволило заготовить механизированным способом 46 % древесины, а общий объем ее заготовки харвестерами с учетом услуг в организациях отрасли составил 9611 тыс. куб. м (105 % к уровню 2018 года).

Собственными силами механизированным способом лесхозы заготовили 6515,2 тыс. куб. м древесины (на 535,4 тыс. кубометров больше, чем в 2018 году). Эффективность использования имеющихся мощностей за 2019 год составила 105 %.

Задания облисполкомов по заготовке древесного топлива в 2019 году выполнены всеми ГПЛХО. При плане 6316,5 тыс. куб. м заготовлено 9401,2 тыс. куб. м (148,8 %), в том числе произведено щепы топливной 2925,5 тыс. куб. м. Реализовано 9050,1 тыс. куб. м древесного топлива, в том числе щепы топливной 2890,2 тыс. куб. м.

Задания правительства по заготовке древесного топлива, по подготовке к отопительному периоду 2019—2020 гг. также выполнены в полном объеме. По состоянию на 01.01.2020 г. мощности по производству щепы топливной увеличены до 2250 тыс. куб. м в год.

Невостребованные остатки древесного топлива составили 2120,6 тыс. куб. м, в том числе дров 1946,3 тыс. куб. м, щепы 126,7 тыс. куб. м.

Установленные мощности по производству пеллет и брикета загружены на 106,1 %, по изготовлению дров колотых на 36 %.

В 2019 году освоение расчетной лесосеки составило 9706,4 тыс. куб. м (75,1 % от размера расчетной лесосеки и 126 % к 2018 году).

Из общего объема отпуск расчетной лесосеки по хвойной группе пород составил 5754,3 тыс. куб. м (151,8 % к 2018 году), твердолиственной группе — 130,8 тыс. куб. м (101,3 %) и мягколиственной — 3821,3 тыс. куб. м (102,3 %).

В 2019 году решениями областных исполнительных комитетов деревообрабатывающим организациям концерна «Беллесбумпром» и ГПУ «Национальный парк «Припятский» был предоставлен в аренду лесосечный фонд в объеме 2554,9 тыс. куб. м древесины. Из этого объема было освоено 2468 тыс. куб. м, или 96,6 %, а наиболее низкий процент освоения в Могилевской области — 95,3 %.

В настоящее время на предприятиях Минлесхоза действует 88 деревообрабатывающих производств.

В 2019 году на их технологическое переоснащение направлено 54,3 млн рублей. Реализован 61 проект, в том числе 25 по модернизации лесопильных производств, 25 по установке позиционного оборудования; одна установка линии сортировки древесины, 4 производства

по выпуску сушеной продукции, столько же производств с ленточно-пильным оборудованием, два проекта по установке оборудования для выпуска пиломатериалов на базе углопильно-круглопильных станков.

Кроме того, в Копыльском опытном лесхозе приобрели производство по выпуску пеллет, которое после модернизации позволит ежегодно производить 14,5 тыс. тонн пеллет.

В минувшем году деревообрабатывающими цехами лесхозов переработано 5,47 млн куб. м древесины (112,4 % к уровню прошлого года), в том числе крупной 775,8 тыс. куб. м (136,2 %), средней 1,08 млн куб. м (126,6 %), мелкой — 221,8 (100 %), дров — 2,1 млн куб. м. (88,5 %). Выпущено 1322,6 тыс. куб. м (120,6 %) пиломатериалов. Объем высушенной продукции увеличился на 18,2 тыс. куб. м и составил 140,1 тыс. куб. м (123,8 % к уровню 2018 года).

Объем выпуска товарной продукции за год увеличился с 263,4 до 309,2 млн руб. Среднесписочная численность в цехах деревообработки составила 4231 человек, что на 648 человек больше, чем в 2018 году.

В целом по отрасли поставлено на экспорт лесопродукции и оказано услуг на 153,9 млн долл. США (109 % к соответствующему периоду 2018 года). Задание выполнили все областные объединения.

На экспорт поставлено 712,7 тыс. куб. м пилопродукции (138 % к 2018 году); щепы — 1755,5 тыс. куб. м (91,4 % к 2018 году).

Круглых лесоматериалов за 2019 год на экспорт отгружено 222,9 тыс. куб. м, оцилиндрованной и окоренной древесины поставлено на экспорт 116,8 тыс. куб. м.

Продолжается работа по созданию к 2021 году единой государственной автоматизированной информационной системы учета древесины и сделок с ней (ЕГАИС). В 2019 году был создан опытный образец ЕГАИС. Разработана эксплуатационная документация, произведена модернизация структуры информационной базы данных, кодировка и тестирование отдельных модулей и совокупности готовых модулей, проведена модернизация механизма обеспечения ЕГАИС нормативно-справочной информацией.

Инвестиции в основной капитал по итогам работы за 2019 год составили 178,5 млн руб. Наибольший удельный вес в общем объеме инвестиций в основной капитал составили инвестиции в техническое перевооружение лесозаготовительного производства — 55,8 млн руб., в развитие деревообрабатывающих производств — 55,5 млн руб., в лесохозяйственное производство — 30,9 млн руб., в строительство лесохозяйственных дорог — 16,6 млн руб.

По итогам работы за 2019 год выручка от реализации продукции (работ, услуг) составила 1072,4 млн руб. (103,3 % к плану и 112,3 % к уровню 2018 года).

Чистая прибыль за 2019 год составила 27,8 млн руб., или 73,1 % к уровню 2018 года. Рентабельность реализованной продукции (работ, услуг) составила 17,4 %. Выручка от реализации продукции на внутренний рынок за 2019 год составила 680,5 млн. руб., а рентабельность — 17,6 %. Выручка от реализации продукции на экспорт составила 308,4 млн руб. при рентабельности 17,1 %. Выручка от реализации продукции лесозаготовок за 2019 год составила 589,2 млн руб. при рентабельности 20 %, а выручка от реализации продукции лесопиления — 275,7 млн руб. при рентабельности 16,7 %.

Ключевыми задачами в промышленной деятельности на 2020 год являются:

- выполнение утвержденных плановых заданий;

- проведение технического перевооружения отрасли в соответствии с отраслевой Программой обновления и развития машинно-тракторного парка организациями лесного хозяйства Республики Беларусь и Программой развития деревообрабатывающих производств на 2020 год; - строительство 19 лесохозяйственных дорог общей протяженностью не менее 100 км;

- эффективная загрузка производственных мощностей цехов и мастерских участков;

- ввод в эксплуатацию шести пеллетных производств в первом полугодии 2020 г. (Пружанский, Житковичский, Новогрудский, Кличевский, Мозырский и Борисовский опытные лесхозы) ;

- наращивание мощностей по выпуску сушеной пилопродукции путем создания новых и модернизации действующих производств – не менее 15 проектов;

- дальнейшее развитие рынка услуг;

- выполнение заданий облисполкомов по заготовке древесного топлива;

- выполнение государственного заказа по сдаче лома и отходов черных, цветных и драгоценных металлов.

УДК 630*3

А.А. Герман, первый зам. ген. конструктора
(ОАО «Амкодор» – управляющая компания холдинга», г. Минск)

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ МАШИН «АМКОДОР»

Холдинг «АМКОДОР» – это одно из ведущих предприятий по производству специальной техники в Беларуси и странах СНГ. Предприятия акционерного общества ежегодно выпускают более 5 тысяч единиц специальных машин высокого технического уровня. Одним из основных направлений компании является производство лесных машин, для чего в структуре компании действует четыре завода: «Дормаш» (г. Минск); «АМКОДОР-Балтик» (г. Вильнюс); «АМКОДОР-Логойск» (г. Логойск) «АМКОДОР-ОНЕГО» (г. Петрозаводск). Выпускаемые машины для лесопромышленного комплекса включают в основном машины для сортиментной технологии заготовки древесины (харвестеры и форвареры). Небольшая доля выпускаемых машин предназначена для хлыстовой технологии (трелевочные тягачи). Кроме того, на заводах Амкодор осуществляют производство машин для измельчения древесины, выполнения погрузочных работ и др.

Работая в тесном сотрудничестве с белорусскими учеными, а также со специалистами в области лесопромышленного производства и лесного хозяйства компания «Амкодор» постоянно разрабатывает новые образцы лесной техники, в которой нуждается производство с учетом мировых тенденций развития лесного комплекса. Кроме того, с целью выхода и закрепления на рынках Российской Федерации и ряда европейских стран осуществляется выпуск машин под требования покупателей данных рынков. Так в числе последних и перспективных разработок компании «Амкодор» можно отметить мульчирователь АМКОДОР 2021 (рисунок 1), полуприцепов лесовозных АМКОДОР 2310 (рисунок 2) и харвестер АМКОДОР 2561 (рисунок 3).



Рисунок 1 – Мульчирователь АМКОДОР 2021



Рисунок 2 – Полуприцеп лесовозный АМКОДОР 2310



Рисунок 3 – Харвестер АМКОДОР 2561

Данная техника успешно прошла необходимые испытания и в ближайшее время поступит в серийное производство. Одним из наиболее крупных проектов, реализуемых холдингом «Амкодор», стало открытие нового завода «Амкодор-Онега» в Республике Карелия. На данном заводе будет осуществляться производство полного цикла лесозаготовительной техники для работы в условиях ряда регионов Российской Федерации (рисунок 4).



Рисунок 4 – Перспективные машины ЛПК для производства в РФ

В 2019 году на заводе «Амкодор-Онега» был собран первый образец форвардера АМКОДОР 2662-01 и представлен усовершенствованный многофункциональный трелевочный тягач АМКОДОР 2242В. В перспективе на заводе планируется выпуск 500 единиц техники в год.

УДК 674:001.895

О.К. Леонович, доц., канд. техн. наук;
(БГТУ, г. Минск)

СТРАТЕГИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

В настоящее время в Республике Беларусь наблюдается значительный рост заготовки леса так в 2019 он составил более 24 млн. м³ и по прогнозным показателям Министерства экономики в 2025 году достигнет 25 млн. м³.

Ежегодный прирост в лесах Республики Беларусь составляет около 32 млн. м³. Однако необходимо отметить, что не используется в народном хозяйстве и безвозвратно погибает под пологом леса около 7 млн. м³ кустарниковой и тонкомерной древесины из-за отсутствия лесных дорог и малогабаритной лесозаготовительной техники, работающей под пологом леса. Практически не используются и порубочные остатки (ветки, сучья, пни, вершинная часть деревьев) в общем объеме около 2,4 млн. м³. Таким образом 9,4 млн. м³ не используются в народном хозяйстве. При таких темпах заготовки леса и периода потепления, осложняющего зимнюю заготовку, постепенно возникнет дефицит древесины, возрастут цены и на предприятиях, выпускающих продукцию с длительными циклами переработки, потребуются значительные объемы оборотных средств.

Лесопромышленный комплекс Республики Беларусь сформировался в основном на базе предприятий концерна «Беллесбумпром», Минлесхоза, иностранных и частных предприятий, потребляющих соответственно 6 млн м³, 5,5 млн.м³ и 11,5 млн. м³ древесины. Удельный вес в объемах промышленного производства республики достиг 6%, обеспечен рост удельного веса в экспорте промышленных товаров до 7,2%. Однако в удельном весе экспорта уменьшается выпуск мебели и значительно возрастает экспорт сырых пиломатериалов. Из 25 млн. м³ заготавливаемой древесины только 0,8 млн. м³ или 5% потребляется при производстве мебели и 80% экспортируется в виде сырых пиломатериалов. Концерн «Беллесбумпром», предприятия «Кроноспана», ВМГ направляют свои усилия на создание продукции с высокой степенью глубины переработки лесосырьевых ресурсов.

Если рассматривать глубину переработки как соотношение добавленной стоимости единицы продукции к стоимости сырья использованного на его производство и выразить ее через коэффициент глубины переработки, показывающий во сколько раз стоимость лесопродукции определенного вида, которая добавлена к стоимости 1 м³ лесосырья, использованного для выпуска данного вида продукции, то она повышает стоимость этого лесосырья. Т.е. это отношение добавленной стоимости 1 м³ лесосырья стоимости продукции к стоимости этого

лесосырья. Проведенные расчеты глубины переработки основных видов продукции на примере концерна «Беллесбумпром». Так коэффициент глубины переработки пиломатериалов - 0,35; фанеры – 1,91; ДСтП – 4,04; ДВП – 4,75; бумаги – 9,13; картона – 3,78; мебели – 2,69. Общий уровень глубины переработки в 2005 году составлял 2,31.

Очевидно, что стратегическое направление развития концерна «Беллесбумпром» и предприятий создающих плитную и мебельную продукцию направлено на углубленную переработку лесосырья, что нельзя сказать об остальных предприятиях поставляющих на экспорт 80 % продукции из лесосырья в виде сырых пиломатериалов.

Сдерживание освоения мощностей связано во многом с проблемой навязывания заказа комплектов оборудования по низкой стоимости без учета их качественных характеристик и отсутствия предварительных научно-исследовательских, проектных работ, обучения персонала и его переподготовки и маркетинговых исследований по направлениям развития и дальнейшего освоения и реализации продукции лесопильных, плитных, мебельных и бумажных производств.

Ранее направления развития лесопромышленного комплекса определяли с учетом стратегий выработанных Министерством лесной и деревообрабатывающей промышленности на основании исследований и заключений ведущих ВУЗов страны, а так же ВНИИдревмаш, НИИ ВНИИдрев, ЦНИИфанеры, ЦНИИМОД.

На сегодня в Республике Беларусь подготовку кадров для лесной и деревообрабатывающей отрасли осуществляет УО «Белорусский государственный технологический университет» и в силу своих возможностей исследует новые направления в эффективном использовании лесных ресурсов привлекает профессорско-преподавательский состав к исследованиям и разработке новых видов материалов и продукции. Отраслевого научно-исследовательского центра по проведению научных исследований в деревообрабатывающей отрасли нет.

Попытки создания отраслевых лабораторий опять же базирующихся на кадрах профессорско-преподавательского состава без отрыва от основной преподавательской деятельности позволяют решать лишь незначительные задачи в основном связанные с решением текущих проблем производственных предприятий.

Для организации инновационного развития деревообрабатывающего комплекса необходимо:

- планировать создание новых производств исходя из объективного анализа рынка сбыта продукции и объема выпуска валового продукта на одного работающего не менее 150 тыс. долларов США, что обеспечивает среднестатистический уровень высокоразвитых стран и выработку валового продукта на душу населения 50 тыс. дол США;
- создать отраслевой институт деревообработки с бюджетным

финансированием при УО «Белорусский государственный технологический университет, для определения долгосрочной стратегии и направлений инновационного развития, проведения исследований в области производства плит, фанеры, мебели, бумаги, новых инновационных материалов и изделий;

- определить государственное структурное подразделение отвечающее и регулирующее нормативных, экономических, и информационных показателей и производящее консультативные функции за соблюдением законодательства на всех предприятиях независимо от форм собственности;

- создать мощные производства по сушке и переработке тонкомерных пиломатериалов в клееные панели CLT, экологически безопасные деревянные панели из массива по технологии МХМ, мебели из массива;

- активизировать разработку основополагающих стандартов для проектирования и строительства деревянных домов и крупнопролетных объектов в т.ч. купольного типа из древесины;

- исключить из подчинения деревообрабатывающих объединений непрофильные предприятия, выделить их в отдельные подразделения для управления соответствующими органами в соответствии с их видами деятельности;

- в бюджете страны предусмотреть формирование целевого бюджетного фонда национального развития инновационных производств в области деревообрабатывающей промышленности и направлять их на более значимые инновационные проекты, научно-исследовательские разработки и стройки;

- минимизировать перекрестное управление деревообрабатывающими производствами неквалифицированными подразделениями;

- повысить ответственность и роль руководителя на местах;

- внедрить автоматизированную систему учета сырья и материалов;

- разработать методику и анализировать уровень промышленной активности предприятий в сравнении с предшествующим периодом;

- усилить контроль за регулированием таможенных пошлин на экспортируемые и импортируемые товары во избежание вывоза сырых пиломатериалов и ввоза готовых изделий в достаточном количестве производимых предприятиями Республики Беларусь;

- усилить взаимодействие между организациями и предприятиями, а также научно-техническими структурами и институтами.

УДК 630*3

П.А. Протас, доц., канд. техн. наук;
А.В. Ледницкий, доц., канд. экон. наук;
А.О. Шошин, ассист; Ю.И. Мисуно, мл.науч. сотр.
(БГТУ, г. Минск)

НАПРАВЛЕНИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ В ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ МИНИСТЕРСТВА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Из всех целей устойчивого развития (ЦУР) в области лесопромышленного производства наиболее близкими являются ЦУР 7 «Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов» и ЦУР 9 «Создание стойкой инфраструктуры, содействие всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям».

ЦУР 7 направлена на обеспечение всеобщего доступа к недорогому, надежному и современному энергоснабжению, а также на увеличение доли энергии из возобновляемых источников и повышение энергоэффективности. Для Республики Беларусь, имеющей значительные древесные ресурсы, развитие и внедрение ВИЭ наиболее актуально в направлении биоэнергетики. Кроме того, лесное хозяйство страны имеет важное значение в обеспечении населения и энергетического комплекса древесным топливом для получения тепловой и электрической энергии. Доля ВИЭ в общем объеме получаемой энергии за 2018 год составила 6,2%. При этом в балансе ВИЭ в Республике Беларусь основной объем (более 94%) занимает древесная биомасса в виде дров, топливной щепы, древесных отходов. Министерство лесного хозяйства ежегодно на внутреннем рынке реализует около 4,5 млн. м³ дровяной древесины. Объем производства древесной топливной щепы в республике достиг более 1,8 млн. м³. Таким образом, можно сделать вывод о вкладе лесного хозяйства страны в реализацию задач ЦУР 7. Основными направлениями дальнейшей реализации ЦУР 7 в Минлесхозе РБ являются: развитие производства топливных пеллет и брикетов; производство топливной щепы, в том числе из древесных отходов и обеспечение местных энергообъектов; обеспечение населения древесным топливом.

ЦУР 9 направлена на развитие качественной региональной и трансграничной инфраструктуры; содействие индустриализации, повышению уровня занятости в промышленности и доли промышленного производства в ВВП. Для достижения устойчивого развития и расширения возможностей населения необходимы инвестиции в инфраструктуру – транспорт,

информационные технологии [1]. Лесное хозяйство ежегодно инвестирует в развитие инфраструктуры (строительство лесохозяйственных дорог, строительство и реконструкция объектов лесхозов, лесничеств, развитие автоматизированной системы электронного учета древесины, единой государственной автоматизированной информационной системы (ЕГАИС), и др.). Учитывая, что значительная часть лесохозяйственных учреждений и их структурных подразделений находятся в малых городах и сельской местности, вклад лесохозяйственной отрасли в достижение ЦУР 9 является еще более актуальным и значимым.

Лесотранспортная инфраструктура необходима не только для обеспечения доступности лесосырьевых ресурсов, но и для развития различных видов экосистемных услуг (туризма, побочного пользования лесом и др.), а также с целью повышения эффективности лесозащитных мероприятий. Ежегодное строительство Министерством лесного хозяйства более 100 км новых лесохозяйственных дорог позволило повысить доступность лесных массивов и эффективность оказания экосистемных услуг. Однако необходимо дальнейшее увеличение густоты сети дорог в лесном фонде, которая в настоящее время составляет около 0,27 км/км². Для сравнения данный показатель в Латвии составляет 0,9 км/км², в Финляндии 0,9–1,2 км/км².

В настоящее время в системе Минлесхоза осуществляет деревообрабатывающую деятельность 84 производства. В 2018 году реализовано 42 проекта, в том числе по направлениям: модернизация лесопильных производств – 17 проектов; установка линии сортировки древесины – 1 проект, ленточнопильное оборудование – 7 проектов, установка позиционного оборудования – 8 проектов; создание производств по выпуску сушеной продукции – 2 проекта, установка оборудования по выпуску пиломатериалов на базе углопильно-круглопильных станков – 4 проекта; создание производств по изготовлению древесного топлива (дров коло-тых и щепы) – 3 проекта [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Цели в области устойчивого развития [Электронный ресурс] // Веб-сайт ООН URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/energy/> (дата обращения: 12.12.2019).

2. Переработка древесных лесных ресурсов в Министерстве лесного хозяйства Республики Беларусь [Электронный ресурс] // URL: <https://www.mlh.by/our-main-activites/forest/zagotovka-i-ispolzovanie-drevesnykh-lesnykh-resursov/> (дата обращения: 14.12.2019).

УДК 630*36

С.А. Голякевич, доц., канд. техн. наук;
Н.И. Жарков доц., канд. техн. наук;
Д.А. Кононович ассист.;
М.Т. Насковец, доц., канд. техн. наук;
С.П. Мохов, доц., канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В последние годы участились случаи дорожно-транспортных происшествий с участием сортиментовозных автопоездов. В ряде случаев они произошли в зимний период, а их причиной стала потеря управляемости машин ввиду низких сцепных свойств шин с дорогой.

Возникновение на дорожных покрытиях снежно-ледяных отложений в зимний период является неизбежным природным явлением, которое может наблюдаться в течение 2-4 месяцев. Помимо возникновения ДТП на дорогах со скользким покрытием снижаются скорости движения машин и производительность транспортных средств. Добиться улучшения транспортно-эксплуатационного состояния лесных автомобильных дорог в настоящее время можно двумя методами: предварительной обработкой покрытий антигололедными средствами, предотвращающими образование снежно-ледяных отложений, и/или повышением сцепных качеств образовавшихся на проезжей части дорожных одежд снежно-ледяных отложений за счет создания шероховатой поверхности фрикционными или комбинированными противогололедными средствами. Анализу противогололедных свойств комбинированных средств был посвящен доклад.

Результаты проведенных исследований говорят о том, что узкофракционированная крупа известняковых материалов, в частности доломитов с высоким содержанием CaCO_3 может рассматриваться в качестве составной части противогололедных составов для зимнего содержания автомобильных дорог. При этом следует провести ряд лабораторных исследований по определению истираемости данной узкофракционной крупы с получением данных об объемном либо массовом образовании пылеватых частиц, которые снижают сцепление колес с поверхностью движения.

В результате проведения научных исследований разработаны противогололедные составы и технологии их приготовления на основе узкофракционированной крупы известняковых материалов с учетом условий применения. Выполнены комплексные исследования техно-

логических параметров и оптимизированы составы с учетом результатов испытаний. Проведен авторский надзор за изготовлением опытной партии.

В процессе проведения исследований анализировались требования нормативно-правовых актов, регламентирующие использование противогололедных материалов, методики определения плавящей способности противогололедного материала, гранулометрического состава материала, его истираемости и насыпной плотности исходного материала.

Установлено, что приемлемую плавящую способность исходный материал основанный на узкофракционированной крупе известняковых материалов обеспечивает лишь при 30% содержании солей хлористого кальция. Истираемость материала повышена и составляет 23%. Материалы с такой истираемостью могут успешно применяться на пешеходных дорожках и дорогах с невысокой интенсивностью движения.

Установлен фракционный состав исходного материала, который имеет следующие показатели: частицы более 7 мм – менее 0,15 %, 5–7 мм – 57,48%, 3–5мм – 42,00%, до 3 мм суммарно не более 0,37 %. Таким образом данный узкофракционный состав по своему гранулометрическому составу может применяться как противогололедный материал без ограничений.

П.А. Лыщик, проф., канд. техн. наук,

Е.И. Бавбель, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Для устойчивого развития лесного хозяйства необходимо, чтобы каждый лесхоз располагал оптимальной структурой лесов, близкой по своему характеру к нормальной лесной территории и оптимальной транспортной сетью. Для освоения лесных массивов строятся следующие виды лесных дорог: магистрали и технологические пути. Однако, практика показывает, что лесхозы и другие организации, осуществляющие заготовки леса, при вывозке лесопродукции используют одновременно как лесные дороги, так и дороги общего пользования.

Лесные автомобильные дороги по своим техническим нормативам и технико-экономическим показателям существенно отличаются от автомобильных дорог общего пользования.

Таблица 1 - Основные нормы проектирования лесных дорог

Наименование нормативов	I тип магистрали		II тип, временные			III лесохозяйственные		
	Ik	Ik	II A	II B	II B	IIIx	IIIx	IIIx
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Срок действия дороги, лет	-	-	5-10	1-5	менее года	-	-	-
Интенсивность движения, авт/сут.	более 50	менее или равно 50	-	-	-	более 25	менее 25	одиночные автомобили
Расчетная скорость движения, км/ч (м/с)	50 (13,9)	40 (11,1)	40 (11,1)	30 (8,3)	20 (5,6)	60 (16,7)	60 (16,7)	40 (11,1)
Ширина зем. полотна, м	8,5	6,5	5,5	4,5	4,0	6,5	6,0	4,5
Ширина проезжей части, м	6,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Количество полос движения	2	1	1	1	1	1	1	1
Минимальный радиус кривых в плане, м	100	60	50	30	30	125	125	60
Наим. радиусы вертикальных кривых, м выпуклых вогнутых	2500 1200	1200 1000	600 600	250 250	250 150	2500 1500	2500 1500	1000 1000
Наим. радиусы вертикальных кривых, м выпуклых вогнутых	2500 1200	1200 1000	600 600	250 250	250 150	2500 1500	2500 1500	1000 1000

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Руководящий (предельный) подъем, ‰	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40
Расчетное расстояние видимости, м	100	75	50	30	30	75	75	50

Это связано с тем, что лесные автомобильные дороги предназначены для освоения эксплуатационных лесов и устойчивого лесопользования, а также ведения интенсивного лесного хозяйства. В связи с этим они имеют ряд особенностей в сравнении с дорогами общего пользования:

- строительство лесных дорог тесно связано с технологическим процессом лесозаготовок и ведения лесного хозяйства;
- лесосырьевая база не закрепляется за лесозаготовительными предприятиями на длительный период, а отпуск лесосечного фонда производится ежегодно в плановых объемах производства;
- движение транспортных средств по лесным дорогам отличается большой неравномерностью, а по некоторым дорогам (грунтовым) резко выраженной сезонностью;
- рассредоточенность объектов лесохозяйственных лесозаготовительных работ по площади и времени. Перевозки, связанные с этими объектами, имеют различную степень повторяемости.

Анализ транспортной сети, используемых работниками лесного хозяйства показывает, что очень малый удельный вес (15,4%) дорог круглогодичного действия, что сдерживает ритмичность лесопользования, а преобладание грунтовых дорог (более 90%) не соответствует эффективной работе автомобильного транспорта. Параметры существующих лесных дорог, имеют разные размеры, что так же сдерживает эффективность вывозки древесины, что подтверждает необходимость разработки нормативной документации.

Разработка новых нормативных документов должна охватывать материалы для дорожного строительства, технологические решения и некоторые другие аспекты конструктивно и материаловедческого характера. Разработка нормативного обеспечения проектирования и строительства лесных дорог требует уточнить их увязку с перспективными технологиями лесопользования, а также тенденциями развития автомобильных дорог общего пользования.

П.А. Лыщик, проф., канд. техн. наук;
А.И. Науменко, ст. преподаватель, канд. техн. наук;
В.А. Кипра, магистрант
(БГТУ, г. Минск)

ПРИМЕНЕНИЕ БИТУМНОЙ ЭМУЛЬСИИ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ МЕСТНЫХ ГРУНТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В районах дорожного строительства, где нет каменных материалов, возникает необходимость в перевозке их на большие расстояния, что увеличивает стоимость этих материалов примерно в 4–6 раз и является причиной удорожания строительства. Поэтому весьма актуальна разработка методов использования и укрепления местных грунтов вяжущими материалами.

Укрепление грунтов органическими вяжущими материалами до последнего времени имело преимущественное распространение, при этом использовались главным образом жидкие битумы и дегти. Проведенные исследования показали, что целесообразнее применять битумные эмульсии.

Для придания эмульсии агрегатной устойчивости при обычных и особенно высоких концентрациях дисперсной фазы используют специальные вещества, называемые эмульгаторами. Эмульгаторы – вещества, обладающие способностью придавать устойчивость эмульсиям, т. е. являющиеся их стабилизаторами.

Твердые эмульгаторы применяют в основном при изготовлении битумных паст и реже – дорожных эмульсий. Эмульсии на твердых эмульгаторах в своем составе содержит 50–60% битума или дегтя, 30–45% воды и 6–12% твердого эмульгатора. Пасты перед употреблением по мере необходимости разбавляют водой до требуемой вязкости. Для повышения устойчивости эмульсий на твердых эмульгаторах к ним часто добавляют органические эмульгаторы, к которым относятся сульфитно-спиртовая барда, казеин, желатин, мыла и др.

Для изготовления дорожных эмульсий чаще всего применяют водорастворимые эмульгаторы, к которым относятся анионные и катионные поверхностно-активные вещества. При использовании анионоактивных веществ получают щелочные (анионные) эмульсии, катионоактивных – кислые (катионные) эмульсии [14, 15].

По скорости распада эмульсии подразделяются на три класса: БА – быстрораспадающиеся анионные; СА – среднераспадающиеся анионные; МА – медленнораспадающиеся анионные. По вязкости и со-

держанию в них битума эмульсии классов БА и МА в свою очередь подразделяются на марки: БА-1 и БА-2, МА-1 и МА-2.

Для приготовления эмульсий используют битумы нефтяные вязкие улучшенные [2] марок БНД 200/300 ПН/1 130/200, БНД 90-130, БНД 60/90, БНД 40/60. Марку битума назначают с учетом климатических условий района строительства и конструкции дорожной одежды. Могут также применяться жидкие битумы в случае использования эмульсий для гидропосева трав, укрепления барханных песков и т. д.

Достоинство битумных эмульсий катионного типа как вяжущего материала для дорожного строительства в том, что они характеризуются прочным прилипанием к каменным материалам кислых пород: гранитов, кварца и др. Это обусловлено природой поверхностно-активных веществ и химико-минералогическим составом каменных материалов.

Дорожные битумные эмульсии применяются для получения черного щебня, пористых, плотных щебеночных и гравийно-песчаных материалов, используемых при устройстве конструктивных слоев дорожных одежд; устройства защитных слоев с шероховатой поверхностью; ухода за свежеложенным цементобетонном и цементогрунтом; закрепления откосов земляного полотна и подвижных песков; подгрунтовки под асфальтобетонные слои; при ремонтных работах и как добавку при комплексном укреплении грунтов (например, цементом, известью и др.).

Надежность нежесткой дорожной одежды во многом зависит от свойств основания, которое часто состоит из нескольких слоев. Верхний слой основания из битумопесчаной смеси должен обеспечивать надежную работу асфальтобетонного покрытия - образовать вместе с ним единую упругую плиту, иметь надлежащее сцепление с покрытием и одинаковый или близкий коэффициент температурного расширения .

На основании результатов исследований установлено, что битумопесчаные смеси целесообразно использовать для дорожного строительства вместо крупнозернистых пористых асфальтобетонных смесей при дальности перевозки песка от карьера до асфальтобетонного завода в пределах до 100 км.

Д.А. Кононович, зав. лаб.;
В.А. Симанович, доц., канд. техн. наук;
А.И. Смян, инж., канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСА МАШИН ДЛЯ СБОРА И ТРАНСПОРТИРОВКИ ЛЕСОСЕЧНЫХ ОТХОДОВ

Процесс сбора и транспортировки лесосечных отходов в валы на лесосеке сопровождается значительными динамическими нагрузками, связанными с технологическими особенностями заготовки такого вида древесного сырья. Осуществляя челночные движения по лесосеке машина для сбора лесосечных отходов воспринимает различные динамические нагрузки от пней, корней, камней, ям и иных неровностей волока. Такие нагрузки негативно влияют на прочность конструкции лесной машины и ее топливную экономичность, воздействуют на оператора. Для снижения их отрицательного влияния требуется проведения ряда теоретических и экспериментальных исследований. Их неотъемлемой частью является создание подробной математической модели машины для сбора лесосечных отходов. В связи с этим существует необходимость разработки математической модели для оценки характера возмущающих воздействий на базовый трактор, установления путей снижения динамических нагрузок, а также для разработки рекомендаций по выбору рациональной компоновки технологического оборудования с базовым трактором. Разработанная расчетная схема динамической системы комплекса машин для сбора и транспортировки лесосечных отходов (рис. 1).

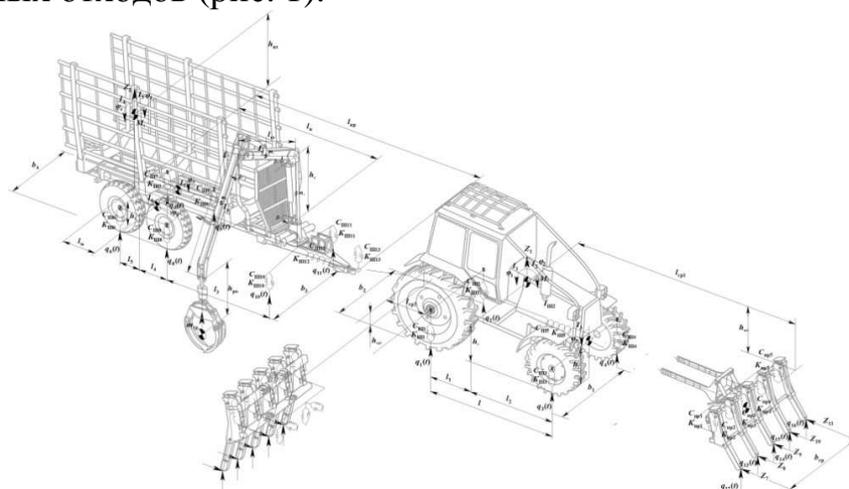


Рисунок 1 – Расчетная схема динамической системы

Данная схема имеет девять степеней свободы и описывает вертикальные, продольные и поперечные угловые колебания. Положение

проектируемого комплекса машин для сбора и транспортировки лесосечных отходов определяется следующими обобщенными координатами: вертикальным перемещением центров тяжести – Z_1, Z_2 , угловыми перемещениями трактора в продольной и поперечной плоскости φ_1 и φ_2 , угловым перемещением переднего моста трактора в поперечной плоскости – φ_3 , угловыми перемещениями полуприцепа в продольной и поперечной плоскости – φ_4 и φ_5 , угловым перемещением балансиров полуприцепа в продольной плоскости – φ_6 и φ_7 . В модели учитывается, что полуприцеп с трактором связан не жестко. Для этого введена упругая связь. При этом модель позволяет рассматривать не только движение комплекса машин, но и изучать процесс погрузки и разгрузки полуприцепа при работе с аутригерами без них.

Модель комплекса машин для сбора и транспортировки лесосечных отходов описывается восьмью массами: масса базового трактора, масса навесного устройства и массу самого технологического оборудования, масса прицепа, масса колонны, стрелы, рукояти манипулятора, масса грейфера.

Для составления системы дифференциальных уравнений, описывающих колебательные процессы, которые происходят с комплексом машин для сбора и транспортировки лесосечных отходов использовали уравнение Лагранжа второго рода (формула 1):

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} + \frac{\partial R}{\partial q_i} = Q_i \quad (1)$$

где T и Π – кинетическая и потенциальная энергии системы соответственно, Дж; R – диссипативная функция Релея, Дж; q_i – обобщенная координата; Q_i – внешние обобщенные силы, Н. Решение системы дифференциальных уравнений производилось с помощью математического программного обеспечения MathCad 15.

В соответствии с разработанной моделью была проведена оценка ее адекватности. Для этого проводилась оценка изменения распределения реакций под колесами базового трактора при установке технологического оборудования на передней и задней навесной системе.

В соответствии с полученными реакциями установлено, что относительная погрешность при сопоставлении результатов теоретического и экспериментального исследования трактора без технологического оборудования составила 1-3%, при установке технологического оборудования 1-3,7%.

УДК 630*36

С.А. Голякевич, доц., канд. техн. наук;
А.Р. Гороновский, доц., канд. техн. наук;

АНАЛИЗ РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОМ РУБИЛЬНОГО БАРАБАНА

Практика эксплуатации лесозаготовительных машин показывает, что использование в их конструкции систем автоматизированного управления рабочими органами позволяет существенно повысить эффективность их работы. Наиболее существенно это проявляется в энергонасыщенных многооперационных машинах. Подобные системы отвечают за автоматическое выполнение повторяющихся операций, участвуют в синхронизации движения рабочих органов, следят за комфортностью условий труда оператора, а также защищают рабочие органы от эксплуатационных повреждений. Существуют также автоматизированные системы, в которых проявляется сразу несколько из приведенных выше свойств. Одна из них – система управления подачей сырья в рубильной машине. В литературе такие системы получили краткое наименование «No stress», что указывает на первоочередную ее функцию – обеспечить защиту рубильного модуля от перегрузок.

Проведенное имитационное моделирование работы данной системы позволило установить ряд ее важных дополнительных качеств. Использование системы «No stress» в конструкции рубильной машины Амкодор–2904 оправдано при измельчении древесного сырья создающего моменты сопротивления вращению барабана до 3500 Н·м. В случае возникновения больших моментов сопротивления, время непрерывного измельчения падает до 6с и менее. При этом время, затрачиваемое на повторный разгон рубильного барабана, составляет 1,9 с. Т.е. в общем цикле работы время холостого выбега барабана, без учета затрат на доставку древесного материала манипулятором составляет 28-30% от продолжительности цикла, что нельзя считать рациональным для обеспечения производительной работы машины. Значительную роль в интенсификации рассматриваемой операции играет инерционность рубильного барабана. При ее увеличении в 2 раза продолжительность непрерывного измельчения увеличивается с 6 с до 12 с. Однако, также в 2 раза возрастает время разгона рубильного барабана. Доля временных затрат не меняется, однако создается возможность измельчения более крупного древесного сырья при аналогичных параметрах машины.

УДК 630

А.О. Шошин, ассист.; П.А. Протас, доц.; Ю.И. Мисуно, мл. науч. сотр.
(БГТУ, г. Минск)

В. Штолманн, доц.
(Технический университет в Зволене, Словацкая Республика)

В.В. Барыляк, ст. преп.
(Национальный лесотехнический университет Украины, г. Львов)

Н. Королько, нач. участ. лесничества
(СПб ГКУ «Курортный лесопарк», Россия)

ПРОЕКТ ИНСТРУКЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ЗАГОТОВКИ ДРЕВЕСИНЫ КАНАТНЫМИ ТРЕЛЕВОЧНЫМИ УСТАНОВКАМИ

Проведение исследований по изучению эксплуатации канатных трелевочных установок, зарубежных стандартов был выработан проект инструкции по организации заготовки древесины канатными трелевочными установками (КТУ) для Республики Беларусь.

Цель создания данного документа – формирование практического руководства, обеспечивающего эффективную и безопасную эксплуатацию КТУ; информирование производителей отечественной канатной трелевочной техники для ее проектирования с учетом условий эксплуатации; стимулирование внедрения мобильных КТУ при освоении труднодоступного лесфонда.

Документ включает следующие разделы: область применения, нормативные ссылки, термины и определения, обозначения и сокращения, общие положения, требования к устройству канатных установок, подготовка лесосеки к рубке и монтажно-демонтажные работы; технология разработки лесосеки; техника безопасности; приложения.

Действие инструкции распространяется на предприятия Министерства лесного хозяйства, концерна Беллесбумпром и других государственных структур, осуществляющих лесозаготовительную деятельность, а также на частные лесозаготовительные предприятия.

Предложены наиболее эффективные в условиях Республики Беларусь варианты систем машин и последовательность их работы. Разработаны приемы и порядок монтажно-демонтажных работ, усредненные нормативы трудозатрат на их выполнение. Приведена технология разработки лесосек с использованием мобильных канатных трелевочных установок, позволяющая разрабатывать пасеку длиной равной длине несущего каната и ширине 100-160 м в зависимости от конструкции установки. Предложена наиболее эффективная для условий страны система машин с использованием бензиномоторной пилы на валке, обрезке сучьев и мобильной КТУ на трелевке хлыстов

(сортиментов). Приведена последовательность выполнения операций рабочими бригады для такой системы машин.

Перед монтажом КТУ проводятся подготовительные работы:

- выбор технологии лесосечных работ;
- определение лесохозяйственных требований на лесосеке;
- выбор будущей оси трелевочного коридора и маршрута его прокладки (в случае ломанной оси);
- выбор здоровых деревьев по оси будущего трелевочного коридора в качестве основных и запасных для промежуточных и тыловой опор, определение способа закрепления растяжек (вид анкера);
- изучение индивидуальных особенностей лесосеки (овраги, ручьи, наличие куртин подроста и др.);

Мероприятия по подготовке лесосек к рубке проводятся в следующем порядке (но с учетом требований завода изготовителя):

1. Отметка границ пасек, трелевочных коридоров и полупасек, строительство/укрепление существующей дорожной сети;
2. Устройство установки на верхнем складе;
3. Формирование трелевочного коридора;
4. Монтаж рабочих канатов;
5. Устройство тыловой и промежуточных опор;
6. Установка каретки на несущий канат;
7. Пробный пуск установки на холостых оборотах.

Разработка лесосек с помощью КТУ должна вестись в соответствии с технологической картой и схемой разработки конкретной пасаки в установленной очередности, а также разработанными правилами техники безопасности и безопасных приемов работы.

Для более широкого внедрения КТУ в условиях РБ необходимо:

- введение инструкции по организации заготовки древесины канатными трелевочными установками;
- подготовка специалистов по программе «Канатные трелевочные установки»;
- разработка и выпуск отечественных конструкций КТУ, приспособленных для заболоченных условий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Некрасов Р. М. Монтаж оборудования на лесосеке / Р.М. Некрасов - Лесная промышленность. 1964. – 214 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ КАНАТНЫХ ТРЕЛЕВОЧНЫХ УСТАНОВОК В УСЛОВИЯХ ЗАБОЛОЧЕННОГО ЛЕСОСЕЧНОГО ФОНДА

Исследованию в натуральных условиях работы мобильных канатных трелевочных установок (МКТУ) посвящены многие труды отечественных и зарубежных авторов. Однако подавляющее их большинство было сделано для установок, работающих в горной и холмистой местности. В то же время эксплуатационные условия заболоченных лесосек значительно отличаются. Для получения конкретных данных в условиях равнинных заболоченных лесосек Республики Беларусь были проведены исследования, которые имели два направления:

– Определение усилий в тяговом канате. Данные исследования были разделены на два вида:

а) определение усилий при перемещении сортифта вдоль несущего каната на установке МТК-431 (рисунок 1, а);

б) определение усилий при преодолении хлыстами лобового сопротивления в виде пня на трелевочном тракторе с канатно-чокерной оснасткой ТТР-401 (рисунок 1, б).

– Хронометражные исследования установки Larix 3Т-500.



а



б

Рисунок 1 – Экспериментальные исследования: а – МТК-431, б – ТТР-401

При исследованиях на установке МТК-431 было определено, что процесс перемещения пачки вдоль несущего каната представляет собой изменения усилия в установившемся режиме. Были отмечены резкие скачки для момента прохождения опорного башмака промежуточной опоры, а также кратковременное увеличение усилия в канате, вызванное преодолением земляного кома и компонентов напочвенного покрова.

При определении усилий на преодоление пней хлыстами были выявлены 3 характерных случая встречи хлыстов и пней: вертикально

вверх по образующей, сбоку вскользь по образующей, комбинированный случай, когда вначале наблюдается ситуация как в первом случае, а на определенном этапе хлыст соскакивает и начинает перемещаться вскользь.

Результаты исследований показали, что отсутствует прямая зависимость между увеличением объема трелюемого хлыста и увеличением усилия в тяговом канате. Это связано с тем, что на практике достаточно сложно учесть все влияющие факторы и, в первую очередь, оценить степень их влияния и долю в общем значении усилия. В среднем по исследованной выборке значение усилия в канате при преодолении пней варьировалось от 0,5 до 10 кратной величины от массы трелюемого хлыста.

Хронометражные исследования были направлены на получение опытных данных об особенностях применения МКТУ в условиях заболоченных лесосек. Результаты исследований частично подтвердили данные других исследователей, но были получены и новые данные. Было установлено, что между расстоянием подтрелевки и временем на ее выполнение отсутствует прямая зависимость. Это связано напрямую с возникающими на пасеке естественными сопротивлениями. Также было определено, что при выполнении первичного транспорта помимо значительного влияния лобовых сопротивлений от высоких пней, обломков стволов, порубочных остатков, неровностей поверхности пасеки и т.д., оказывают процесс перехода от подтрелевки к процессу перемещения пачки вдоль несущего каната. Этот процесс сопровождается трением пачки об промежуточную опору, в результате чего возникает опасность излома опорного дерева, нарушения эффективного процесса работы установки, получения травм рабочими и др.

Исследования закономерностей изменения усилия в тяговом канате позволили установить, что при трелевке вдоль несущего каната нет явных отличий от аналогичных исследований для установок в холмистой местности, за исключением влияния перепада высот.

Проведенные исследования позволили:

- выработать практические рекомендации для технологии разработки заболоченных лесосек;
- получить опытные данные для проверки достоверности математической модели работы МКТУ;
- разработать рекомендации для проектирования установок, ориентированных для работы в заболоченном лесфонде.

УДК 630*383.4

П. А. Лыщик, проф., канд. техн. наук

А. И. Науменко, ст. преп., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

В настоящее время для дорожного строительства выпускается большое количество различных геосинтетических материалов. Первым представителем которых был бидим пяти типов У 14, У 24, У 34, У 44, У 64 и предназначался для разделения слоев дорожных одежд и грунтов земляного полотна.

В мировой дорожной практике применяются геосинтетические материалы такие как: Террам, выпускается фирмой Аи-Си-Аи (Англия); Фибртех, выпускается в Дании марок С-170, С-300 и С-400; полифелът производится в Австрии, Мирафи М-1192, М-1195, М-1196 и М-1197; Тревира Т-150, Т-200, Т-300, Т-350 и Т-500, выпускаются немецкой фирмой «Хохст»; дорнит Ф-1, Ф-2 изготавливается в Республике Беларусь, Рогачевским комбинатом строительных материалов. В настоящее время в Республике Беларусь предприятием «Химволокно» для дорожного строительства выпускается два типа геосинтетического материала «Спанбел» и «Аквастан» с поверхностной плотностью от 30 до 150 г/м³, а на ОАО «Пинема» с плотностью – 190–600 г/м³.

Свойства геосинтетических материалов, используемых в дорожном строительстве, зависят от целого ряда факторов – от материала по изготовлению, способа производства и т. д. Известно, что синтетические материалы изготавливаются в основном из полиэтилена, полипропилена, полиамида, основные физико-механические свойства которых изменяются в течение времени.

**Таблица 1 - Свойства первоначальных материалов
для производства геосинтетики**

Физикоко- механические показатели	Материал			
	Полиамид (РА)	Полиэтилен (РЕ)	Полипропилен (РР)	Полиэстер (РЕS)
1	2	3	4	5
Плотность, т/м ³	1,13–1,14	0,95–0,97	0,9–1,05	1,36–1,38
Температура плавления, °С	215	102–137	145–154	256
Водоуплощение, % при 20°С; при 24°С	3,5–4,5 6,0–9,0	- -	- -	0,2–0,5 0,8–1,0

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Прочность на разрыв, Н/мм ²	56–65	32–65	22–55	35–90
Модель упругости, МПа	-	1000–1250	1220–1670	-
Относительное удлинение, %	70–110	100–1200	200–700	-
Устойчивость против: кислоты щелочи микроорганизмов света	хорошая хорошая хорошая хорошая	очень хорошая хорошая очень хорошая очень хорошая	хорошая очень хорошая очень хорошая плохая	очень хорошая хорошая очень хорошая хорошая

Приведенные исследования не исчерпывают всевозможные методы и способы испытаний геосинтетических материалов с целью получения достоверных характеристик. Они в большей части применяются фирмами изготовителями. Однако, практика показывает, что действительное поведение геосинтетических материалов в реальных условиях требует разработок новых методов испытаний с учетом областей их применения.

Как отмечают многие практики, потребление геосинтетики могло быть в несколько раз больше, если бы были разработаны нормативные документы на определение свойств геосинтетики, ее классификацию и терминологию.

Также произошла дифференциация области применения геосинтетических сплошных рулонных материалов, геосеток, георешеток и других типов на их основе. Расширилась номенклатура материалов, созданы совершенно новые композиции, позволяющие целенаправленно изменять конструктивные элементы дорожных сооружений, обеспечивая при этом не только их требуемую надежность, но и упрощая технологию строительства.

Применение геосинтетики при проектировании, строительстве, реконструкции, ремонте и эксплуатации автомобильных дорог, а также других транспортных коммуникаций позволяет компенсировать недостатки свойств грунтов и дорожно-строительных материалов, повысить их физико-механические свойства, а в некоторых случаях превратить в совершенно новые типы материалов. При этом следует отметить возможность внедрения геосинтетических материалов в виде специальных волокон при приготовлении строительных смесей с повышенными прочностными свойствами.

УДК 630*363

В.Н. Лой, доц., канд. техн. наук;
С.Е. Арико, доц., канд. техн. наук;
А.О. Германович, канд. техн. наук;
В.В. Чернявский, студ.
(БГТУ, г. Минск)

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЛЕСНОГО ШАССИ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

Универсальное лесное шасси может агрегатироваться с различным дорожно-строительным оборудованием: отвалами различной конструкции и назначения, снегоочистителями, фрезами, косилками и т.д. В этой связи изготовление на отечественных предприятиях такого шасси, которое обеспечит выполнение широкого спектра лесовосстановительных и дорожно-строительных работ с высокой эффективностью и качеством, является перспективным направлением в развитии лесного машиностроения [1].



Рисунок – Универсальное лесное шасси с технологическим оборудованием для содержания лесных дорог

Универсальное лесное шасси может оснащаться плужными снегоочистителями производства ОАО «Амкодор» – УКХ» с прямым отвалом 342С.52.00.000, 342С.52.00.000-01, а также V-образными отвалами для снега 332С.45.61.000 и 352С.45.65.000 (рисунок 1).

Кроме плужного снегоочистителя универсальное шасси может оснащаться шнекороторным снегоочистителем. Важнейшей составной частью рабочего органа шнекороторного снегоочистителя (рисунок 1) является ротор, с помощью которого снег отбрасывается в сторону от машины в заданном направлении. Весь рабочий процесс, происходящий в роторе снегоочистителя, может быть разделен на следующие

операции, сопровождающиеся затратой энергии: захват снега лопастью; перемещение снега вдоль лопасти; соприкосновение снега с неподвижным кожухом ротора; движение снега по кожуху ротора к выбросному отверстию; движение снега по направляющему устройству.

Проведенные испытания показали, что в качестве основного технологического оборудования, расширяющего его функциональное назначение является фрезерно-роторный снегоочиститель, выпуск которого в настоящий момент осуществляется на ЗАО «Амкодор-Пинск» (таблица 1).

Таблица 1 – Использование мощности двигателя при его эксплуатации шасси с различными видами навесного оборудования

Вид навесного оборудования	Рабочая скорость движения, км/ч	Сцепной вес / касательная сила тяги по сцеплению, кН	Требуемая касательная сила тяги, кН	Требуемая мощность гидропривода, кВт	Использование мощности двигателя, %
Отвал бульдозерный Амкодор 342С.59.00.000	3	135 / 95–121	115	до 20	83–87
Плужный снегоочиститель 352С.45.65.000	15	119 / 24–48	25	до 20	89–92
Фреза дорожная GP 100.15	4,5 м/мин	59 / 47–53	14	до 80	63–65
Кусторез К-78М, КД-15.00.00.000	5	57 / 40–45	23	до 50	54–58

Универсальное лесное шасси обладая достаточно высоким тяговыми свойствами и достаточно мощной гидравликой может эффективно эксплуатироваться со значительным перечнем отечественного и зарубежного навесного оборудования для ремонта и содержания дорог, в том числе лесных. К ним в первую очередь следует отнести плужный снегоочиститель, бульдозерный отвал и дорожную косилку, что обусловлено выпуском данного оборудования на ОАО «Амкодор» – УКХ». Это позволит максимально быстро осуществить их навеску и настройку, а также осуществлять уход за дорогами, в том числе лесными, и их элементами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лой, В. Н. Разработка многофункционального шасси для проведения лесохозяйственных работ / В. Н. Лой, С.Е. Арико, М. К. Асмоловский, А. О. Германович, Е. М. Дудко // Лесозаготовительное производство: проблемы и решения: материалы МНТК – Минск: БГТУ, 2017. – ISBN 978-985-530-607-9. С 20-24.

УДК 658.563.1/5:625.25.7/8

М.Т. Насковец, доц., канд. техн. наук;
Н.И. Жарков Н.И., ст. науч. сотр., канд. техн. наук;
Д.В. Антонович, студ. (БГТУ, г. Минск)

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ УСТРОЙСТВЕ ПОДЪЕЗДНЫХ ПУТЕЙ НА ПОКРЫТЫХ ЛЕСОМ ТЕРРИТОРИЯХ

Увеличение использования отходов древесных ресурсов является важнейшим элементом политики ресурсосбережения, способствующим комплексному использованию древесного сырья и, в конечном счете, сохраняющим от вырубки значительные лесные массивы.

Помимо технико-экономической целесообразности применение при строительстве дорог отходов промышленности и вторичных ресурсов помогает решать экологические проблемы региона, высвобождая занимаемые отходами значительные территории.

Многообразие технических и технологических решений, характерных для дорожной отрасли, позволяет использовать при строительстве, ремонте и эксплуатации дорог практически все отходы промышленности. Исключение составляют отходы, имеющие повышенное содержание канцерогенов и радионуклидов.

Характерной особенностью этих материалов является неоднородность, что проявляется в нестабильности физико-механических и химических свойств. В связи с этим, возможность использования конкретного отхода или вторичного продукта необходимо выявлять путем проведения лабораторных исследований и опытного строительства.

Накопление древесных отходов, образующихся в технологическом процессе, приводит с течением времени к образованию больших куч (отвалов) этих отходов на территории самих предприятий или вне их (рис 1)..



Рисунок 1– Накопление отходов в условиях производства

При этом биомасса отходов разрушается с выделением большего количества различных веществ распада древесины и коры, мно-

гие из которых токсичны и канцерогенны и загрязняют окружающую среду.

В БГТУ разработаны дорожные конструкции для апробации процессов устройства опытных участков подъездных лесотранспортных путей (рис. 2) из местных грунтов и отходов лесопромышленного производства.



Рисунок 2 – Общий вид подъездного пути до строительства

С учетом наличия дорожно-строительных машин и оборудования и на основании практического опыта их применения в ГЛХУ предложены различные варианты модели проведения дорожных ремонтно-строительных работ для устройства опытных участков. К примеру, накапливаемые отходы могут доставляться к местам строительства автощеповозами либо тракторами с прицепами, которые загружаются посредством челюстных погрузчиков (рис. 3).



Рисунок 3 – Транспортные средства и процесс их погрузки

В зависимости от технологии доставки отходы и от условий строительства они складываются в зоне прохождения транспортного пути или отсыпаются непосредственно на дорожное полотно (рис. 4).



Рисунок 4 – Процесс отсыпки отходов

В случае предварительного складирования отходов к месту укладки их доставляют автопогрузчиком с последующим разравниванием по поверхности технологического пути (рис. 5).



Рисунок 5 – Работа погрузчика при разравнивании отходов по дорожному полотну

Для повышения работоспособности автомобильных дорог производят усиление слоев, различного рода геосинтетическими прослойками (рис. 6).



Рисунок 6 – Укладка геосинтетической прослойки и отсыпка грунта по его поверхности

Затем устраиваемый опытный участок уплотняется с помощью колес челюстного погрузчика и планируется при помощи его ковша (рис. 7).



Рисунок 7 – Общий вид устроенного опытного участка

УДК 630*377.4

Ю.А. Ким, доц., канд. техн. наук;
М.Т. Насковец, доц., канд. техн. наук;
Н.И. Жарков, ст. науч. сотр., канд. техн. наук;
В.И. Гиль, ст. преп., канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВОГО МАССИВА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С КРУПОГАБАРИТНЫМИ КОЛЕСНЫМИ ДВИЖИТЕЛЯМИ

Одним из основных параметров колесного движителя сельскохозяйственной машины является величина и характер распределения напряжений. Этот параметр влияет на глубину погружения колеса, степень уплотнения почвы, сопротивление качению и другие показатели. Однотипность почвенных условий позволяет произвести качественную и количественную оценку величин напряжений под движителями в зависимости от давления воздуха в шине и вертикальной нагрузки на колесо.

Наиболее наглядное представление о характере и величинах распределения напряжений по глубине почвенного массива дают изолинии напряжений в продольной и поперечной плоскостях симметрии колеса (рис.1). Величина напряжений указана на каждой из линий равного напряжения (рис. 1 а, г). Изолинии построены на основании эпюр напряжений P_{zz} , полученных на различной глубине почвенного массива (рис. 1 б, д) по показаниям месдоз, внедренных в почву на пашне ($W=15-20\%$). Непосредственно на основании эпюр напряжений P_{zz} построены графики (рис. 1в, е) распространения напряжений по глубине почвенного массива для вертикальных сечений, отстоящих на различном расстоянии от продольной и поперечной плоскостей симметрии колеса. Для получения координат точек, необходимых для построения изолиний напряжений, в продольной плоскости колеса необходимо на графике (рис. 1е) провести вертикаль через указанное значение напряжения до пересечения с линиями распространения напряжений по глубине. Аналогично строятся изолинии напряжений в поперечной плоскости (рис.1а).

Характер распределения напряжений для обеих шин следует считать благоприятным. Изолинии в продольной и поперечной плоскостях колеса имеют участок (0,6-0,8м), близкий к горизонтальному, без высоких концентраций напряжений, очертание эпюр плавное. Изменение напряжений по глубине почвенного массива (рис.1в) неодинаково в различных поясах шины.

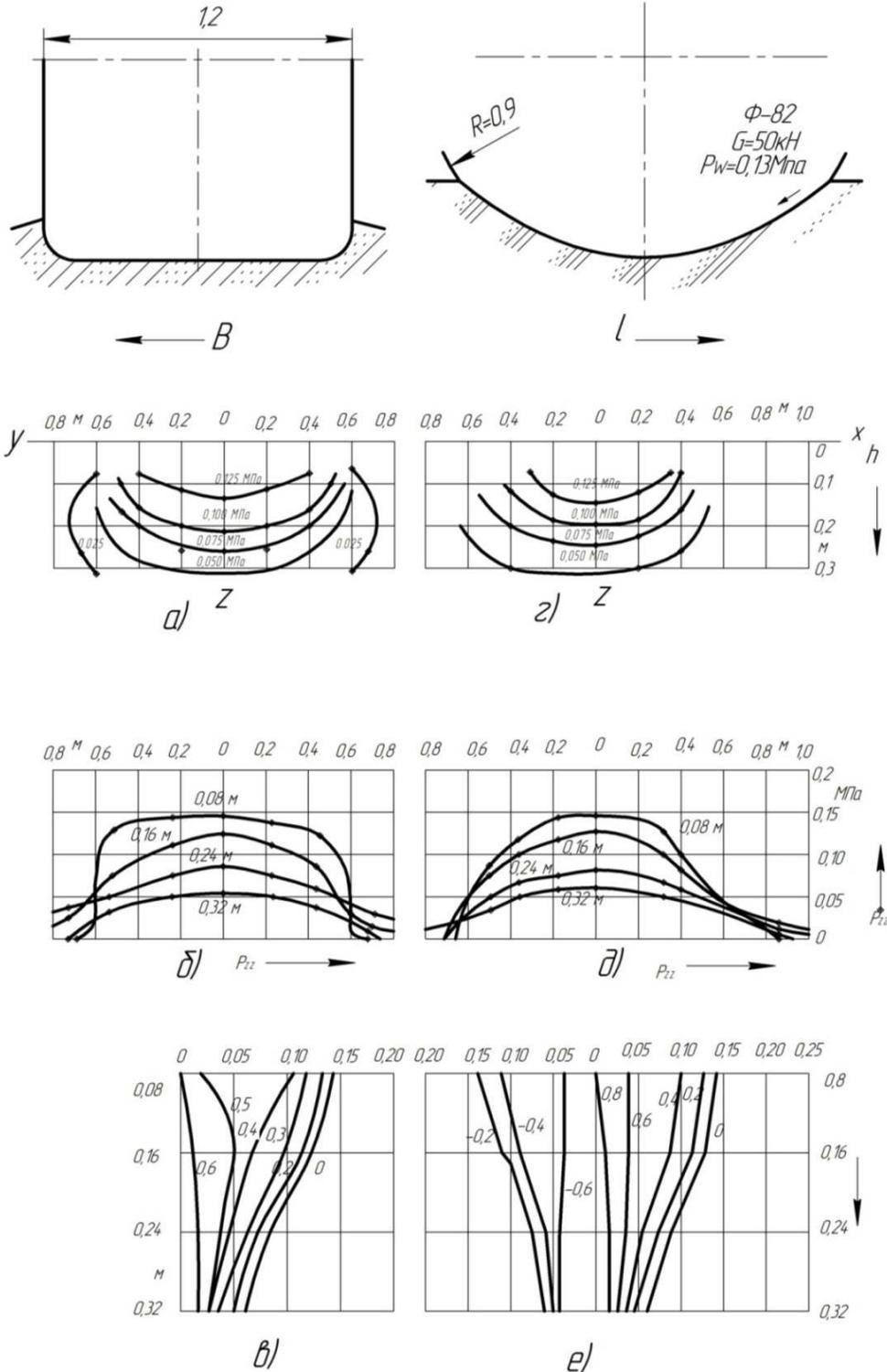


Рисунок – Распределение напряжений P_{zz} под задним колесом МВУ-30.

Под осью колеса в середине беговой дорожки шины, напряжения плавно уменьшаются с возрастанием глубины, по мере удаления от оси колеса, а также ближе к краю беговой дорожки шины. Напряжения в верхних слоях уменьшаются интенсивнее, чем в нижних. Это объяс-

няется конусообразным распространением напряжений в почве и особенно ярко выражено в поперечной плоскости, где действуют только вертикальные внешние усилия. В продольной же плоскости возникают касательные усилия, делающие картину несимметричной. Эпюры и изолинии напряжений в поперечной плоскости симметричны относительно оси oz .

В продольной плоскости симметрии колеса форма эпюр P_{zz} (рис. 1б) несимметрична относительно оси oz . Напряжения на нагруженном участке, деформирующем почву, возрастают плавно и имеют максимум при $P_w = 0,13$ МПа, под осью колеса. На более коротком разгрузочном участке напряжения резко падают. Площадь эпюры нагруженного участка больше разгрузочного. Центр тяжести всей эпюры смещен вперед на некоторую величину.

Таким образом, произведение суммы вертикальных составляющих напряжений в контакте на величину смещения будет давать момент сопротивления качению колеса за счет деформации почвы. Эпюра сжимающего напряжения имеет описанный характер не только в верхних слоях, но распространяется на глубину до 0,25 м. И лишь на глубине 0,30 м эпюра до некоторой степени выравняется. Форма изолиний (рис. 1г) искажается незначительно, так как машина движется без нагрузки на крюке и величина горизонтальной силы невелика. Благодаря тому, что движители МВУ-30 оказывают низкое давление на опорную поверхность, при форме пятна контакта близкой к прямоугольной со скругленными углами, напряжения в почве имеют невысокие значения. Плотность почвы в следе, в зависимости от G и P_w составляет $\rho = 1,15 \cdot 10^{-3}$ - $1,37 \cdot 10^{-3}$ кг/м, при начальной $\rho = 1,03 \cdot 10^{-3}$ кг/м. Коэффициент податливости оболочки шины модели Ф-82 имеет значение равное $10 \text{ см}^3/\text{кг}$. Введение коэффициента C позволяет оценить влияние соседних участков шины на деформативные свойства данного участка. Определение радиальной жесткости шины на стенде по ее прогибу в зависимости от нагрузки дает лишь общую картину или конечный результат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орнатский Н. В. Механика грунтов. – М.: Изд-во. МГУ, 1962. 435 с.
2. Бабков В. Ф., Безрук В. М. Основы грунтоведения и механика грунтов. М.: Высшая школа, 1976. 325 с.
3. Золотаревская Д. И. Зависимость между сжимающими напряжениями и осадкой почв // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1980, № 2, с. 30–32.

УРАВНЕНИЯ КРИВОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ ЭКИПАЖА НА БАЛЛОННЫХ КОЛЕСАХ

Предположим, что выполняются условия, при которых справедлива теория качения колеса с деформируемой шиной, когда деформация шины является достаточно малой. Условие качения колеса без скольжения и малость деформации шины накладывают определенные ограничения на класс изучаемых движений. В частности, кривизна пути должна быть достаточно малой, а скорость движения — не слишком большой[1].

Обозначим через q_1, q_2, \dots, q_n обобщенные 1координаты экипажа на m баллонных колесах и введем величины, определяющие положение i -го колеса ($i=1, 2, \dots, m$). Пусть x_i, y_i - декартовы координаты точки K_i встречи прямой наибольшего наклона, проведенной в средней плоскости колеса через его центр, с плоскостью дороги; θ_i - угол, образуемый следом средней плоскости колеса на дороге и осью Ox неподвижной системы координат $Oxyz$, плоскость Oxy которой совпадает с плоскостью дороги, а ось Oz направлена вверх; χ_i — угол между осью Oz и средней плоскостью колеса. Величины $x_i, y_i, \theta_i, \chi_i$ являются известными функциями обобщенных координат q_1, q_2, \dots, q_n .

Предположим сначала, что движение экипажа задано. Это означает, что величины $x_i, y_i, \theta_i, \chi_i$ - известные функции времени. Тогда, согласно теории качения колеса, с деформируемой шиной, можно в каждый момент времени определить деформацию шин. В соответствии с обозначениями на рис. 1, а условия отсутствия проскальзывания шины при поперечном смещении i -го колеса и при его вращении вокруг вертикальной оси приводит к соотношениям:

$$dx_i^* \sin(\theta_i + \varphi_i) - dy_i^* \cos(\theta_i + \varphi_i) = 0,$$

$$d(\theta_i + \varphi_i) = dS_i^* (\alpha_i \xi_i - \beta_i \varphi_i - \gamma_i \chi_i). \quad (1)$$

Здесь x_i^*, y_i^* — координаты точки, совпадавшей до поперечной деформации шины с точкой K_i ; dS_i^* - элемент дуги линии качения Γ_i ; (см. рис. 1, а); ξ_i — боковая деформация шины, φ_i —

деформация шины при скручивании; $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ — кинематические параметры шины, относящиеся к ее поперечной деформации. При боковом смещении колеса

$$x_i^* = x_i + \xi_i \sin \theta_i, \quad y_i^* = y_i + \xi_i \cos \theta_i. \quad (2)$$

В написанных соотношениях малыми величинами являются ξ_i, φ_i и χ_i . Используя (2) и отбрасывая малые величины второго порядка и выше, из (1) получаем

$$\begin{aligned} dx_i \sin(\theta_i + \varphi_i) - dy_i \cos(\theta_i + \varphi_i) + d\xi_i &= 0, \\ d\theta_i + d\varphi_i - dS_i^* (\alpha_i \xi_i - \beta_i \varphi_i - \gamma_i \chi_i) &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

С той же степенью точности

$$dS_i^* = dx_i \cos(\theta_i + \varphi_i) + dy_i - \sin(\theta_i + \varphi_i) \gamma_i. \quad (4)$$

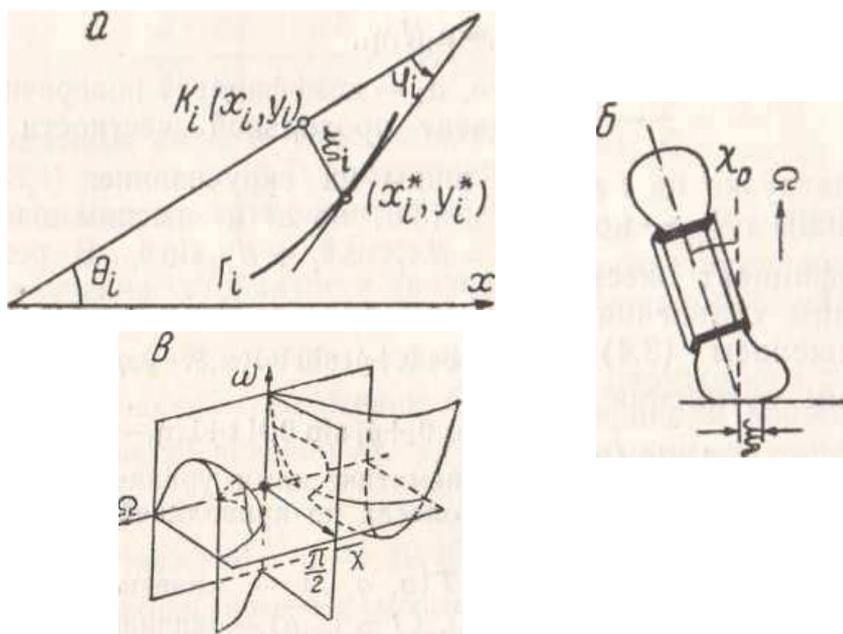


Рисунок 1

Условие отсутствия проскальзывания шины в продольном направлении выражается соотношением

$$dS_i + r_i d\vartheta_i + d\eta_i + \lambda_i dS_i \eta_i - \nu_i dS_i (r_{0i} - r_i) = 0. \quad (5)$$

Здесь $dS_i = dx_i \cos \theta_i + dy_i \sin \theta_i$ — элементы дуги кривой, которую описывает точка K_i ; η_i — величина продольной деформации шины; r_{0i} — радиус необжатой шины; r_i — расстояние от центра колеса до опорной плоскости; λ_i, ν_i — кинематические параметры i -й шины, относящиеся к ее продольной деформации; $d\vartheta_i$ — элемент угла при повороте колеса вокруг оси собственного вращения[2].

Уравнения (3) — (5) представляют собою искомые соотношения для определения деформации ξ_i, φ_i, η_i , если известно движение i -го колеса. Зная деформацию шины, можно найти потенциальные силы, действующие на i -е колесо. Согласно результатам они эквивалентны поперечной силе и продольной силе P_i , приложенным к точке K_i , моменту M_{θ_i} относительно вертикальной оси, моменту M_{χ_i} относительно продольной горизонтальной оси и моменту M_i относительно поперечной оси, определяемых выражениями

$$\begin{aligned} F_i &= a_i \xi_i + \sigma_i N_i \chi_i, & P_i &= K_{\tau_i} \eta_i, & M_{\theta_i} &= b_i \varphi_i, \\ M_{\chi_i} &= -\sigma_i N_i \xi_i - \rho_i N_i \chi_i, & M_i &= \mu_i N_i \eta_i, \end{aligned} \quad (6)$$

где N -нагрузка на i -е колесо, a_i - коэффициент поперечной жесткости шины; K_{τ_i} - коэффициент продольной жесткости шины; b_i - коэффициент жесткости шины на скручивание.

Разделим уравнения (3) и (5) на dt и заменим в них dS^* его выражением (4) - $dS_i = dx_i \cos \theta_i + dy_i \sin \theta_i$. В результате получим уравнения

$$\begin{aligned} \dot{x} \sin(\theta_i + \varphi_i) - \dot{y}_i \cos(\theta_i + \varphi_i) + \dot{\xi}_i &= 0, \\ \dot{\theta}_i + \dot{\varphi} - (\dot{x} \cos \theta_i + \dot{y}_i \sin \theta_i)(\alpha_i \xi_i - \beta_i \varphi_i - \gamma_i \chi_i) &= 0, \end{aligned} \quad (7)$$

$$r_i \dot{\vartheta}_i + \dot{\eta}_i + (\dot{x} \cos \theta_i + \dot{y}_i \sin \theta_i)[1 + \lambda_i \eta_i - \nu_i (r_{0i} - r_i)] = 0,$$

которые являются кинематическими уравнениями движения экипажа на баллонных колесах по криволинейному пути достаточно малой кривизны[3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Неймарк Ю.И., Фуфаев Н.А., Динамика неголономных систем, Наука, Москва, 1967, 519 с.
2. Тураев Х.Т., Фуфаев Н.А., Мусарский Р.А., Теория движения систем с качением, ФАН, Ташкент, 1987, 158 с.
3. Тураев Х.Т. Моделирование и исследование динамики колесных транспортных машин с деформируемыми шинами, ФАН, Ташкент, 1995, 168 с.

УДК 620.952

Ю.И. Мисуно, мл. науч. сотр.;
 П.А. Протас, доц., канд. техн. наук;
 А.В. Ледницкий, доц., канд. экон. наук
 (БГТУ, г. Минск)

АКТУАЛИЗАЦИЯ ВОПРОСОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В настоящее время энергетическая зависимость Республики Беларусь составляет 86% и по данному показателю она входит в двадцатку наиболее энергозависимых стран мира [1, 2]. Это является одной из основных причин для развития возобновляемой энергетики в Беларуси.

За период с 1990 по 2018 годы изменилась структура используемых топливно-энергетических ресурсов, направленных на энергетические нужды. Доминирующим источником энергии стал природный газ (62% от общего валового потребления топливно-энергетических ресурсов), вытеснив в первую очередь мазут. Сократилась доля угля, который используется для получения тепловой энергии. Доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в общем объеме получаемой энергии пока незначительна (за 2018 год – 6,2% [1]), однако выполнение ряда законодательных актов, направленных на развитие возобновляемой энергетики, позволяет иметь тенденцию к увеличению данного показателя (рисунок 1).

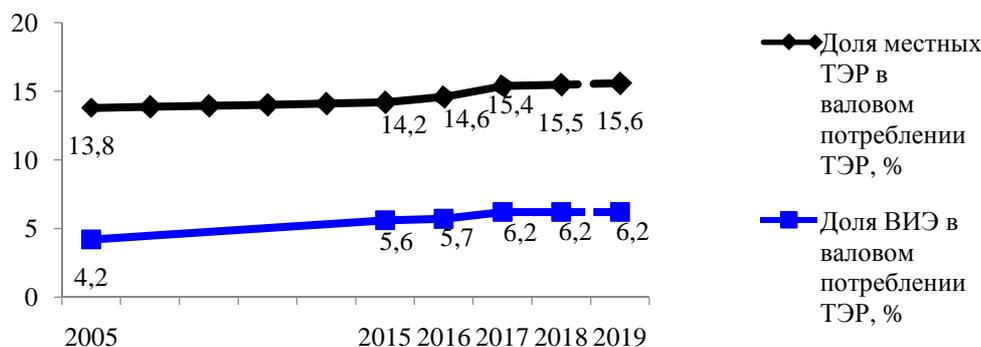


Рисунок 1 – Динамика изменения доли местных ТЭР, в том числе ВИЭ в валовом потреблении ТЭР республики [6]

Среди местных видов топлива лидирует топливная древесина в виде дров, топливной щепы, древесных отходов (рисунок 2). Так в 2017 г. было использовано биомассы в качестве топлива: 825,0 тыс. м³ дров и около 1,8 млн. м³ топливной щепы.

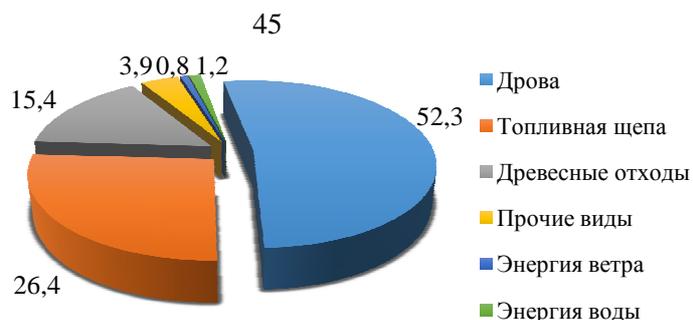


Рисунок 2 – Баланс ВИЭ в РБ в 2018 году, % [13]

На 01.07.2019 года суммарная электрическая мощность установок ВИЭ составила 403 МВт. По данным Департамента по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь в 2021 году планируется увеличение электрических мощностей ВИЭ до 635,1 МВт. С этой целью в стране постоянно строятся новые установки ВИЭ.

Согласно данным ГПО «Белэнерго» по состоянию на 1 января 2019 г. организациями Министерства энергетики эксплуатируются 25 ГЭС установленной мощностью 88,26 МВт, одна ветроэнергетическая станция мощностью 9 МВт (6 ветрогенераторов по 1,5 МВт каждый) [7]. Баланс ВИЭ по электрической мощности в 2019 году и ближайший прогноз приведен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Баланс ВИЭ по электрической мощности, МВт

Основным направлением использования ВИЭ является восстановление и строительство малых гидроэлектростанций (ГЭС).

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетический баланс Республики Беларусь: статистический сборник / Национальный статистический комитет – Мн., 2019.
2. Валовое потребление топливно-энергетических ресурсов за 2018 год.
3. [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://www.belstat.gov.by/upload-belstat/upload-belstatpdf/oficial_statistika/TEB_2018_infografika.pdf. – Дата доступа: 18.12.2019.

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ФОРМИРОВАНИЯ ОХРАННЫХ ЗОН РЯДА ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ

В настоящее время в мире продолжается работа по повышению надёжности функционирования сетей автомобильного, железнодорожного и трубопроводного транспорта (а также сетей линий электропередачи), которые являются общепризнанными транспортными артериями, необходимыми для поддержания на требуемом уровне и дальнейшего развития ряда отраслей производств, а также социально-экономического развития соответствующих стран. Учитывая это, весьма важным является вопрос содержания вышеуказанных транспортных сетей в надлежащем состоянии, при этом одной из актуальных продолжает оставаться проблема удаления и предотвращения дальнейшего роста нежелательной древесно-кустарниковой растительности (НДКР) с территории различных объектов соответствующих инфраструктур.

Основанием для выполнения вышеуказанных работ является ряд нормативных документов соответствующих акционерных обществ, а также межгосударственные стандарты [Газпром ГОСТ], в соответствии с которыми приведение инфраструктурных объектов в нормативное состояние является одним из приоритетных мероприятий по обеспечению их надёжной и безопасной работы.

Целью настоящей работы является систематизация элементов формирования охранных зон ряда инфраструктурных объектов при выполнении работ по удалению нежелательной растительности.

Выполненными нами исследованиями было установлено следующее. Особенностью формирования ширины охранных зон рассчитаемых от нежелательной растительности линейных объектов инфраструктуры (например трасс высоковольтных линий – трасс ВЛ) является то, что удаление НДКР осуществляется фактически по всей территории охранной зоны: в данном случае не только по обе стороны линии от крайних проводов ВЛ, но и внутри получающейся зоны (в т.ч. внутри самой опоры ЛЭП в случае, если она представляет собой объёмную конструкцию). Аналогичные особенности характерны для охранных зон трубопроводного транспорта, а именно: необходимо удаление НДКР не только по обе стороны от трубопроводов, но и под самими трубопроводами, а также вокруг их опор. Особенности удаления нежелательной растительности в зоне расположения тради-

ционных транспортных артерий является то, что для сетей железных дорог требуется удаление НДКР не только по обе стороны от балластной призмы, но и внутри самой рельсошпальной решётки, в то время как для сетей автомобильных дорог произрастания нежелательной растительности на дорожном полотне, как правило, не происходит, а следовательно отсутствует и необходимость её удаления.

С учётом вышеизложенного, приведём классификацию элементов формирования охранных зон ряда инфраструктурных дорожных объектов при выполнении работ по удалению нежелательной растительности (табл. 1):

Таблица 1–Классификация элементов формирования охранных зон объектов инфраструктуры

№ пп	Элемент	Обозначение, м	Объект инфраструктуры
1	Общая ширина охранной зоны	B_{HP}	автомобильные и железные дороги; нефте-, газо- и продуктопроводы; трассы ВЛ
2	Расстояние обеспечения видимости	$b_{вид}$	автомобильные и железные дороги; нефте-, газо- и продуктопроводы; трассы ВЛ
3	Ширина зоны, ограниченной плоскостями от наиболее удалённых проводов	l_{np}	трассы ВЛ
4	Ширина зоны, ограниченной вертикальными плоскостями, проходящими по осям трубопроводов	l_{TP}	нефте-, газо- и продуктопроводы
5	Ширина насыпи (балластной призмы)	b_n	автомобильные и железные дороги
6	Ширина кювета	b_k	
7	Ширина зоны производства работ по содержанию дорог	b_{np}	

Вышеуказанные элементы формирования охранных зон ряда инфраструктурных объектов визуализированы на соответствующей комплексной схеме (рисунок 1).

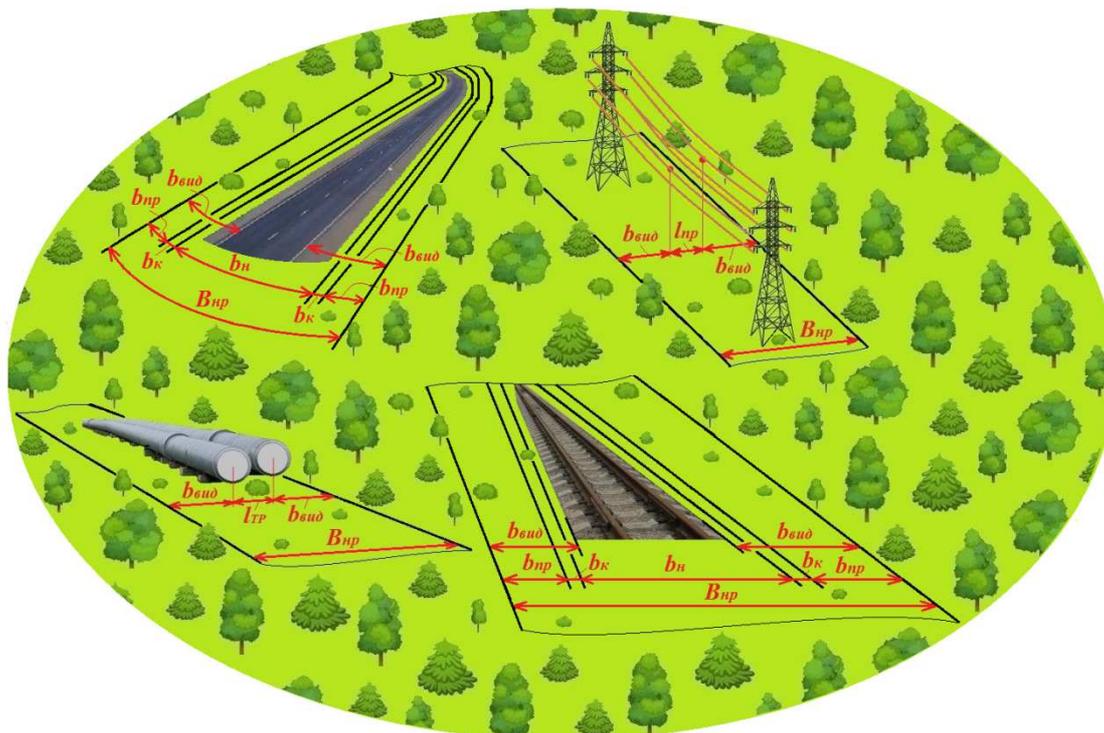


Рисунок 1 – Комплексная схема охранных зон инфраструктурных объектов

Используя разработанную классификацию, нами была выполнена оптимизационная модель оценки ширины охранной зоны инфраструктурных объектов, детальное описание которой не входит в цели и задачи данной работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 34182-2017. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Эксплуатация и техническое обслуживание. Основные положения: межгосударственный стандарт: издание официальное: введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 4 июля 2017 г. № 634-ст: введен впервые: дата введения 2018-03-01 / разработан ООО «НИИ Транснефть». – М: Стандартинформ, 2017. – 46 с.
2. Правила эксплуатации магистральных газопроводов: СТО Газпром 2-3.5-454-2010: утв. распоряжением ОАО «Газпром» от 24 мая 2010 г. № 130: ввод в действие с 24.05.2010. – М: Газпром, 2010. – 164 с.

УДК 630*377.4

В.С. Исаченков, ст. преп.;

В.А. Симанович, доц., канд. техн. наук;

С.Е. Арико, доц., канд. техн. наук;

В.И. Гиль, ст. преп., канд. техн. наук;

В.И. Дубовиков, студ. (БГТУ, г. Минск)

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОЛЕСНОЙ
ТРЕЛЕВОЧНОЙ МАШИНЫ С НАВЕСНЫМ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ НА ГРУНТАХ
СО СЛАБОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ**

В Республике Беларусь на заготовке древесного сырья, в указанных условиях работы, в настоящее время используются колесные трелевочные трактора с канатно-чокерным технологическим оборудованием, в частности ТТР-401. Для преодоления участков трелевочных или магистральных волоков со слабой несущей способностью почвогрунта при буксовании для этих машин во время рабочего цикла используется прием сброса пачки, с последующим ее подтаскиванием.

Оценка эффективности работы колесной трелевочной машины с навесным технологическим оборудованием на грунтах со слабой несущей способностью основан на оценке ее сменной производительности по результатам экспериментальных исследований.

В основу анализа входил метод фотохронометрирования операций рабочего процесса ТТР-401. Данные заносились в таблицу технологического цикла работы машины. Там же указывалось наименование груза, его характеристика (объем, порода и др.), среднее расстояние трелевки, длина участков со слабой несущей способностью почвогрунтов, условия сбора и разгрузки хлыстов, характеристика лесосеки, состояние, рельеф местности и дороги.

Расстояние трелевки определялось исходя из схемы разработки лесосеки, путем замера пути движения с использованием шагомера. Продолжительность фотохронометрирования работы ТТР-401 с канатно-чокерным технологическим оборудованием была определена в течение 3-х контрольных смен при 15 контрольных наблюдений (рейсов) в каждой. Объем пачки хлыстов определялся по результатам замера длины хлыстов и их диаметров в комлевой части.

Замеры проводились на рубках главного пользования на различных режимах работы при длине пасечного волока от 50 м до 300 м (величина участков со слабой несущей способностью от 20 м до 40 м). Объем трелеваемой пачки хлыстов варьировалась от 0,15 м³ до 1,28 м³, скорости перемещения трактора – от 4,57 км/ч до 8,53 км/ч.

Результаты фотохронометрирования времени рабочего цикла

и сменной производительность трелевочного трактора ТТР-401 представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1–Значения времени рабочего цикла

Объем пачки, м ³	Длина трелевки, м					
	50	100	150	200	250	300
0,15	405	469	532	595	659	722
0,26	432	496	559	622	686	749
0,62	443	507	570	633	697	760
0,85	448	512	575	638	702	765
1,28	453	517	580	643	707	770
1,50	468	532	595	658	722	785
1,70	473	537	600	663	727	790

Таблица 2 –Значения сменной производительности

Объем пачки, м ³	Длина трелевки, м					
	50	100	150	200	250	300
0,15	7,37	6,36	5,61	5,01	4,53	4,13
0,26	11,97	10,43	9,25	8,31	7,54	6,90
0,62	27,84	24,32	21,63	19,48	17,69	16,23
0,85	37,74	33,02	29,40	26,50	24,08	22,10
1,28	56,20	49,24	43,90	39,59	36,01	33,06
1,50	63,75	56,08	50,11	45,30	41,32	38,01
1,70	71,48	62,97	56,36	51,00	46,51	42,80

На основе полученных результатов методами математической статистики была получена регрессионная зависимость производительности труда, которая определяется по формуле:

$$P_{\text{см}} = P_{00} + P_{10} \times V_{\text{п}} + P_{01} \times L_{\text{т}} + P_{20} \times V_{\text{п}}^2 + P_{11} \times V_{\text{п}} \times L_{\text{т}} + P_{02} \times L_{\text{т}}^2,$$

Коэффициенты регрессионной зависимости имеют следующие значения (в скобках указаны предельные отклонения):

$$P_{00} = 3,935 \text{ м}^3/\text{см}; P_{10} = 45,86 \text{ см}^{-1}; P_{01} = -5,072 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2/\text{см};$$

$$P_{20} = -1,08 \text{ м}^{-3} \cdot \text{см}^{-1}; P_{11} = -0,06587 \text{ м}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}; P_{02} = 1,346 \cdot 10^{-2} \text{ м}/\text{см}.$$

Полученная зависимость производительности труда колесной трелевочной машины с навесным технологическим оборудованием от объема трелеваемой пачки и расстояния трелевки может быть использована для сопоставления эффективности эксплуатации различных лесозаготовительных машин при эксплуатации на грунтах со слабой несущей способностью.

УДК 631.15:631.171

Б.А. Кушимов А.Н., д-р. техн. наук;
О.Т. Садыров, ст. науч. сотр., канд. техн. наук,
О.Т. Мухаматов, ассист.

(Какандский филиал Таш.ГТУ им. Ислама Каримова, Узбекистан)

ЭКОНОМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕХАНИЗАЦИИ УБОРКИ СЕМЯН ПУСТЫННЫХ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЙ

Животноводство, в том числе пастбищное, как отрасль обеспечивающая население продуктами питания и сырьем пищевую и легкую промышленность была и остается приоритетным направлением народного хозяйства.

Пастбищное животноводство, в том числе и каракулеводство, насчитывающее более 5,5 млн. каракульских овец [1], практически круглый год содержится на подножных кормах естественных пастбищ. Пастбища, в целях поддержания их продуктивности и дальнейшего развития отрасли, необходимо постоянно улучшать посевами высокопродуктивных кормовых растений, вид которых подбирается с учетом конкретных условий.

Актуальность вопроса определяется Постановлением Президента РУз № 842 от 21 апреля 2008 года, посвященном дополнительным мерам по усилению стимулирования увеличения поголовья животных в личных подсобных, дежканских и фермерских хозяйствах и расширению производства животноводческой продукции, Постановлением совещания Совета Министров республики Каракалпакстан, проведенным под председательством премьер-министра РУз Мирзияева Ш.М. 18 мая 2008 г. в г. Нукусе во исполнение постановления Президента, где, в частности, затронуты вопросы улучшения пастбищ посевами пустынных кормовых растений, такими как саксаул, черкес, кандым, чогон, терескен, кейреук, изень, полынь, камфоросма и другими высокопродуктивными кормовыми растениями, а также вопросы производства их семян.

Потребность в семенах измеряется тысячами тонн. Семена большинства растений, перспективных для улучшения пастбищ, созревают поздней осенью, когда начинают выпадать осадки. Затягивание уборочных работ приводит к необходимости сушки собранных семян, что связано с дополнительными затратами и снижением их посевных кондиций. Таким образом, состояние вопроса настоятельно ставит проблему разработки высокопроизводительной и экономически целесообразной механизированной технологии заготовки семян и технического средства для ее реализации. Практикуемая в настоящее

время ручная заготовка семян малопроизводительна, дорога и не отвечает насущным задачам по восстановлению деградированных, улучшению низкоурожайных и узкосезонных пастбищ.

По механизации процесса уборки семян пустынных кормовых растений в разные годы проводились специальные исследования.

Так, в КазНИИМЭСХ на базе фуражира ФН-1,2 было разработано техническое средство (рис. 1), состоящее из дефлектора 1, вентилятора 2, всасывающего трубопровода 3, пальцевых выбивающих рабочих органов 4 и конфузора 5. При работе семена, выбитые рабочими органами 4, воздушным потоком, создаваемым вентилятором 2, загружались в транспортные средства через дефлектор 1. Машина на сборе семян терескена обеспечила производительность - до 0,32 га/час, полноту сбора семян - 75 %, чистоту семян – до 40-43 % [2]. Техническое средство из-за малой производительности, достаточной сложности, невысоких агротехнических показателей и недостаточной экономической эффективности не было доведено до промышленного изготовления.

В КазНИИМЭСХ и ТИИИМСХ проводились исследования по использованию на уборке семян переоборудованных зерновых комбайнов. При оптимальных режимах работы комбайна СК-4, обоснованных для сбора семян пустынных растений, была достигнута производительность 106 кг/час семенного вороха при содержании семян в ворохе 25,6 %.

В ИМЭСХ для механизации сбора семян кормовых растений пустыни была рекомендована порционная косилка КПП-2,0 (рис. 2), состоящая из роторного аппарата 4, трубопровода 2, бункера 11, опорных колес 7, механизма управления выгрузкой 6, механизма привода, снпцы 1 для соединения машины с трактором.

Косилка КПП-2,0, будучи предназначенной для заготовки сена с естественных пастбищ, собирала семена вместе с грубой кормовой массой в бункер. После разгрузки бункера семена вручную отделялись от грубого вороха.

Результаты сравнительных испытаний на сборе семян пустынных кормовых растений (кейреук, изень) выявили значительные преимущества косилки в сравнении с комбайном СК-4. Так, полнота сбора семян у косилки составила: на сборе семян кейреука 45,0 % против 17,9 у комбайна, на сборе семян изеня 55,6 %, против 25,6 % у комбайна. Прямые издержки снизились на уборке семян кейреука в 1,4 раза, а на уборке семян изени в 1,2 раза. При использовании косилки значительно снизилась и металлоемкость технологического процесса – в 1,5 раза на уборке семян кейреука и 2,2 раза при уборке семян изеня [3].

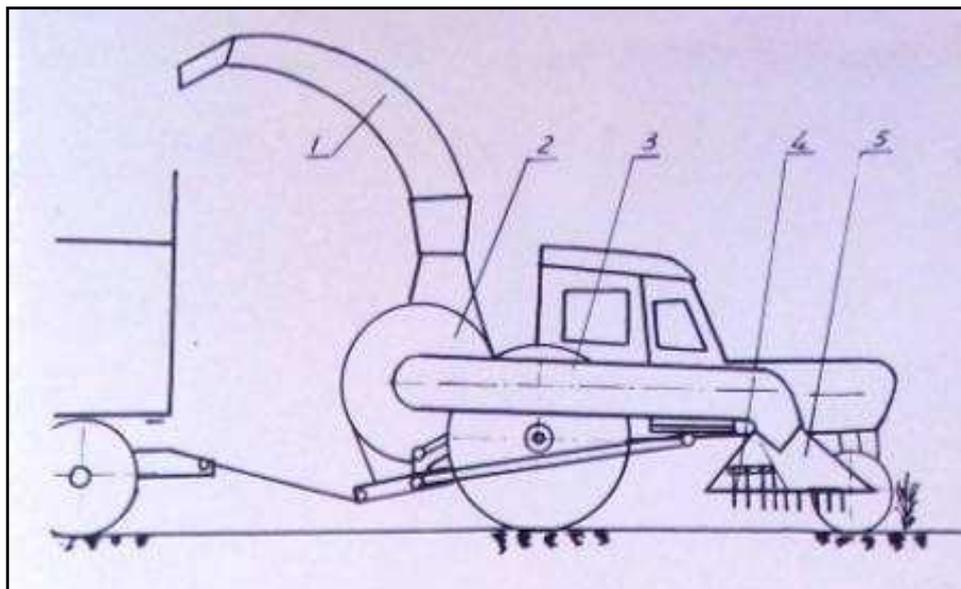


Рисунок 1 - Схема технического средства для сбора семян

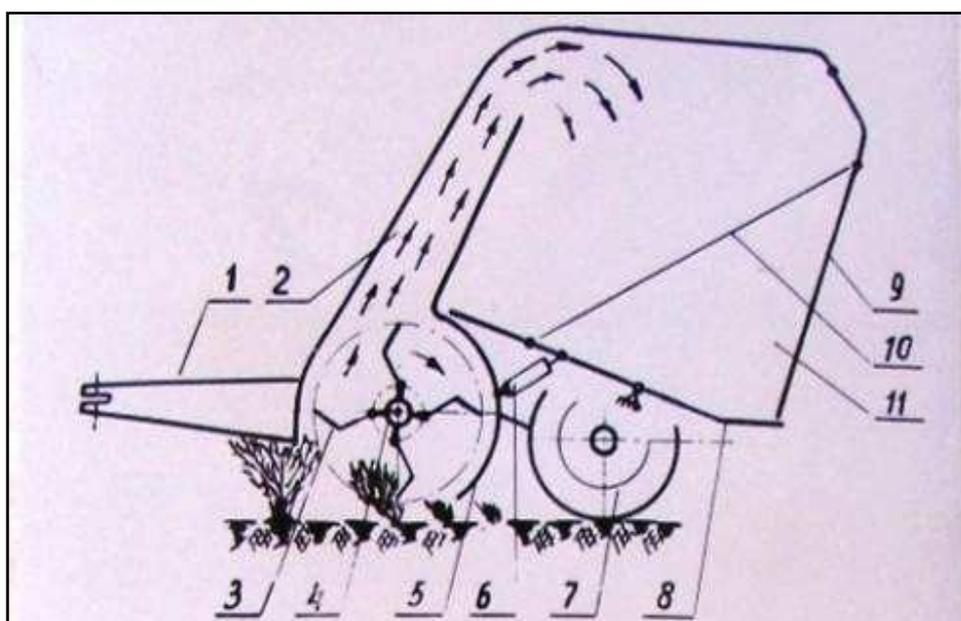


Рисунок 2 - Технологическая схема порционной косилки КПП-2,0

Как видим, агротехнические и технико-экономические показатели свидетельствуют о целесообразности уборки семян пустынных кормовых растений с использованием роторной косилки, предназначенной для заготовки сена с естественных пустынных и полупустынных пастбищ. Громоздкость и дефицит зерновых комбанов в зоне естественных пастбищ, возможность расширения ареала использования косилки также свидетельствуют о целесообразности механизации процесса заготовки семян пустынных кормовых

растений на базе косилок, предназначенных для заготовки сена с естественных пастбищ.

В настоящее время АО «БМКБ-Агромаш» в содружестве с НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства и НИИ каракулеводства и экологии пустынь в рамках прикладного проекта КА-3-009: «Разработка (модернизация) технологий и технических средств производства семян пустынных кормовых растений для восстановления деградированных и улучшения низкоурожайных пастбищ» - на базе косилки-копнителя разрабатывает техническое средство для сбора семян пустынных кормовых растений. Универсализация косилки-копнителя позволит поднять как экономическую эффективность технологического процесса уборки семян, так и экономическую эффективность использования косилки. Своевременная механизированная заготовка семян будет способствовать расширению работ по улучшению пастбищ и дальнейшему развитию пастбищного животноводства за счет повышения продуктивности пастбищ.

Выводы

1. Необходимые объемы семян для восстановления деградированных и улучшения низкоурожайных пастбищ не могут быть заготовлены без механизации процесса уборки.

2. Анализ результатов исследований свидетельствует о целесообразности разработки технического средства для сбора семян на базе косилки-копнителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Холмирзаев И.А. Мониторинг состояния пастбищного животноводства в Узбекистане. Мирзо Улуғбек номидаги миллий университетнинг 95 йиллигига бағишланган “Яйловлардан оқилона фойдаланиш ва муҳофаза қилишнинг институционал масалалари” мавзудаги Республика илмий-амалий конференциясининг материаллари. Тошкент. 2013, 18-19 апрел. 97-100 б.

2. Лешко В.Н. Исследование процесса сбора семян терескена пневмомеханическим способом. Автореферат канд. диссертации. Алма-Ата 1971.

3. Абдуллаев М. Механизированный сбор семян дикорастущих растений. //С/х.во Узб. №10, 1970.

УДК 631.1523:631.585

Б.А. Кушимов А.Н., д-р. техн. наук;
О.Т. Садыров, ст. науч. сотр., канд. техн. наук;
О.Т. Мухаматов, ассист.

(Какандский филиал Таш.ГТУ им. Ислама Каримова, Узбекистан)

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕХАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА УЛУЧШЕНИЯ АРИДНЫХ ПАСТБИЩ

На современном этапе пустынные и полупустынные (аридная зона) пастбища становятся востребованным резервом для хозяйственной деятельности человека. Рациональное сельскохозяйственное использование природных ресурсов аридных земель, в первую очередь в животноводстве, способствует укреплению социально-экономической и хозяйственной структуры региона, снижает напряженность проживания в пустынных и полупустынных зонах [1].

Аридные пастбища республики, занимая площадь порядка 20 млн. га, представляют собой солидный потенциал для развития животноводства, включая каракулеводство.

Спецификой отрасли является круглогодичное содержание животных на подножном корме естественных пастбищ, которые, несмотря на низкую (2-4 ц/га) продуктивность кормовых растений, представляют собой самые дешёвые корма. В то же время кормовая растительность естественных пастбищ является хрупкой экосистемой. Нерациональное использование её ресурсов (вырубка кустарников на топливо и корм животным на зимний период, техногенные воздействия, перегрузка овцами, изменения климата последних десятилетий, практическое отсутствие работ по улучшению пастбищ и т.д.) связано со снижением урожайности кормовых растений и даже деградацией их.

Эффективное народно-хозяйственное использование потенциала пустынных пастбищ должно базироваться на научно-обоснованной системе технического оснащения производственных процессов отрасли. Специфические природно-климатические особенности пастбищ аридной зоны (кочковатый микрорельеф, большое разнообразие почв, абразивная среда, подверженность почв ветровой эрозии, низкая продуктивность и узкая сезонность использования в течение года естественной кормовой растительности, хрупкий фитоценоз и т.д.) не позволяют напрямую использовать традиционные средства механизации, применяемые в поливном земледелии. Здесь необходимы модернизированные, а в большинстве случаев, совершенно новые технические средства, адаптированные к условиям аридной зоны [1]. Технические средства должны быть модернизированы и разработаны в первую

очередь с учетом критериев экономической целесообразности, позиций ресурсо-энергосбережения, а также отвечать обязательному для аридной зоны требованию – охране природы.

Следует также отметить, что пустынные территории ограничены трудовыми ресурсами, поэтому механизация трудоемких процессов, в первую очередь механизация процессов восстановления деградированных, улучшения низкоурожайных и узкосезонных пастбищ, приобретают особое значение. Важность этого мероприятия обуславливается и тем, что значительные площади пастбищ подвержены деградации и опустыниванию. Так, за последние 15 лет продуктивность пастбищ снизилась на 23 % [1]. В связи с ростом численности поголовья животных этот процесс прогрессирует. С учетом отмеченных моментов совместными работами конструкторов АО «БМКБ-Агромаш», ученых НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства, а также ученых НИИ каракулеводства и экологии пустынь, в рамках государственного прикладного проекта К15-009 «Разработка природоохранной, энергосберегающей технологии и машины для улучшения аридных пастбищ», разработана экономически целесообразная, энерго-ресурсосберегающая и природоохранная технология восстановления деградированных, улучшения низкоурожайных и узкосезонных пастбищ и техническое средство – комбинированный почвообрабатывающе-посевной агрегат АУМ-2,1 (далее - агрегат) для ее реализации. Машина за один проход обрабатывает узкие полосы почвы пастбища и засеивает их семенами перспективных кормовых растений для местного агрофитоценоза. Ширина обрабатываемой полосы 25 см при ширине междурядья 70 см. Таким образом, обрабатывается 35% площади, что, по сравнению со сплошной пахотой (традиционная технология), обеспечивает существенное снижение энергетических затрат, а следовательно, и средств. Кроме того на необрабатываемой полосе сохраняется аборигенная, хотя и скудная растительность. Весьма существенным моментом является природоохранные качества подобной обработки почвы. Агрегат может быть использован при улучшении низкоурожайных и узкосезонных, а также для восстановления деградированных пастбищ. Машина (рис. 1) трехрядная, агрегируется тракторами класса 0,9 и 1,4. Семенной бункер машины разделен на три отсека, что позволяет высевать различные, наиболее рациональные для местного ценоза, растения. Наиболее экономично использование машины для улучшения пастбищ лесополосами (рис. 2).



Рисунок 1 – Агрегат АУМ-2,1 в работе

При улучшении пастбищ лесополосами средний ряд машины высевает кустарник, предпочтительно - саксаул. При этом стыковое междурядье выбирается с учетом будущих размеров кроны саксаула в пределах 210-260 см, против 70 см при сплошном улучшении.

Технико-экономические показатели различных технологий на центнер продуктивности пастбищ (*по ценам на 1 августа 2010 г*) составляют:

- для технологии сплошного улучшения пастбищ по типовым технологическим картам на 2011-2015 г.г – 0,3 чел.ч/ц и 547,9 сум/ц,
- для технологии сплошного улучшения пастбищ на базе комбинированного агрегата АУМ-2,1 - 0,2 чел.ч/ц и 483,4 сум/ц,
- для технологии улучшения пастбищ лесополосами, также на базе комбинированного агрегата АУМ-2,1 – 0,1 чел.ч/ц и 271,5 сум/ц.

Анализ приведенных показателей свидетельствует о достаточно высокой эффективности улучшения пастбищ на базе комбинированного агрегата. Говоря об эффективности, следует отметить и природоохранные качества технологий улучшения пастбищ на базе комбинированного агрегата.

Приведенные материалы свидетельствуют об экономической целесообразности улучшения пастбищ на базе комбинированного агрегата.

В настоящее время в рамках проекта КА-3-009 «Разработка (модернизация) технологий и технических средств производства семян пустынных кормовых растений для восстановления деградированных и улучшения низкоурожайных пастбищ» наряду с разработками ряда

машин для механизации производственных процессов пустынно-пастбищного животноводства ведутся работы по универсализации агрегата и для закладки семенных посевов пустынных кормовых растений.

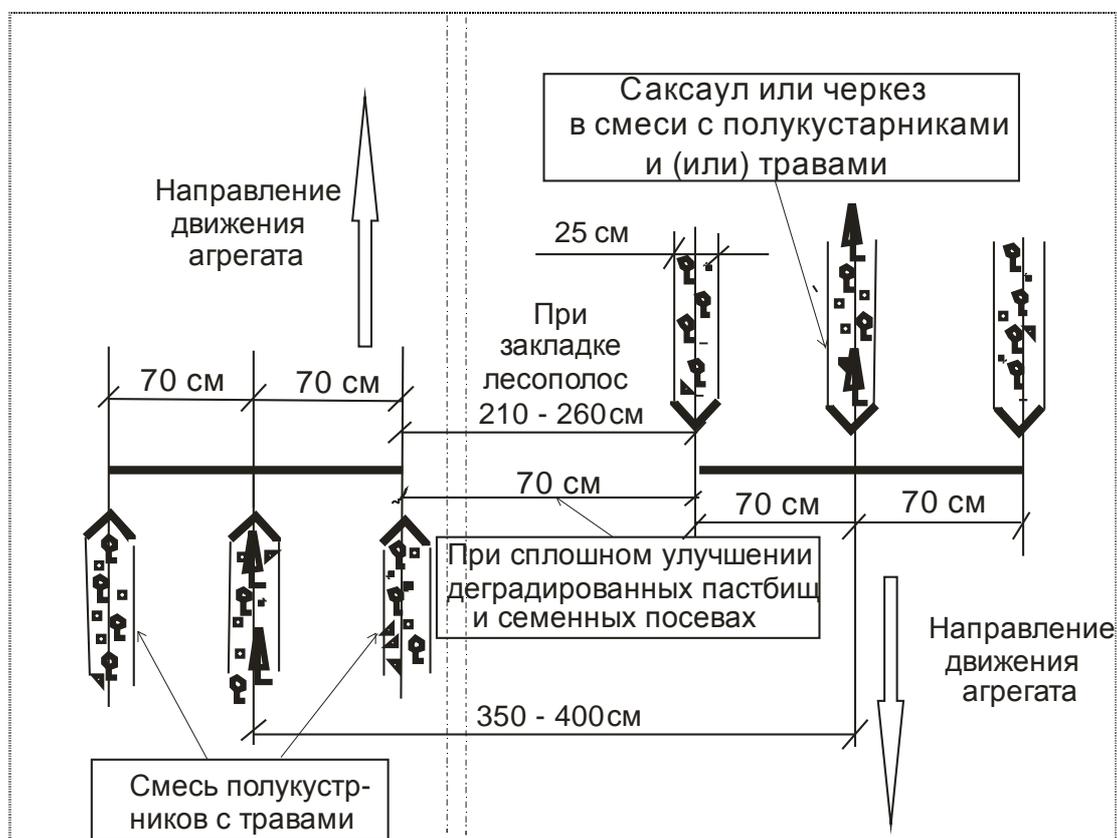


Рисунок 2 – Схемы работы машины

Широкое развертывание работ по улучшению пастбищ, на базе комбинированного агрегата, является важным условием дальнейшего развития аридного животноводства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Холмирзаев И.А. Мониторинг состояния пастбищного животноводства в Узбекистане. Мирзо Улуғбек номидаги миллий университетнинг 95 йиллигига бағишланган “Яйловлардан оқилона фойдаланиш ва муҳофаза қилишнинг институционал масалалари” мавзудаги Республика илмий-амалий конференциясининг материаллари. Тошкент. 2013, 18-19 апрел. 97-100 б.

В.С. Исаченков, ст. преп.;
В. А. Симанович, доц., канд. техн. наук;
С. Е. Арико, доц., канд. техн. наук;
В. И. Гиль, ст. преп., канд. техн. наук;
А. Г. Скурко, студ.
(БГТУ, г. Минск)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОЛЕСНОЙ ТРЕЛЕВОЧНОЙ МАШИНЫ С РАЗЛИЧНОЙ КОМПАНОВКОЙ БЕЗЧОКЕРНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В Республике Беларусь в настоящее время по хлыстовой технологии трелевки заготавливается значительная доля древесного сырья, которая имеет ряд проблемных моментов, в частности преодоление участков трелевочного и магистрального волоков на грунтах со слабой несущей способностью. Одним из вариантов решения данной задачи является оснащение колесных трелевочных машин прицепным технологическим оборудованием, что позволит оптимизировать распределение нагрузок и крутящих моментов между осями базовой машины, увеличить проходимость, снизить затраты времени, тем самым увеличить производительность.

Постановка задачи. Необходимо разработать математическую модель движения колесной трелевочной машины с прицепным двухосным безчokerным технологическим оборудованием различной компоновки.

Основная часть. Поставленная задача была решена разработкой математической модели на основе синтеза динамических звеньев входящих в систему колесной трелевочной машины при двухосном варианте опорной системы и различных конструкций безчokerного технологического оборудования [1, 2].

Ранее были разработаны математические модели колесной трелевочной машины с прицепным технологическим оборудованием, в которых рассматривались следующие наиболее распространенные типы технологического оборудования: в первом варианте гидрозажимной коник; во втором варианте – пачковый челюстной захват с гидроприводом, размещенный на специальной арке [3–5].

В соответствии с разработанной моделью проводились сравнительные исследования компоновочных решений на основе анализа показателей, оказывающих преимущественное влияние на динамику поведения всей транспортной системы. К ним относятся

статистические величины крутящего момента на передних и задних полуосях, вертикальных и угловых ускорений в центре тяжести базовой машины и технологического оборудования; вертикальных ускорений водителя и сиденья и т.д.

Дифференциальные уравнения математической модели имели ряд допущений: машины рассматривались как плоская симметричная система относительно продольной оси в вертикальной плоскости, проходящей через центр тяжести машин; движение машин по опорной поверхности прямолинейно (без спусков и подъемов); колебания масс системы малы; упругие характеристики шин и других упругих элементов линейные или кусочно-линейные, а силы сопротивления пропорциональны скорости деформации; высоты микронеровностей трелевочного волокна под колесами правой и левой колеи усредняются; высокочастотные колебания элементов трансмиссии как с сосредоточенными, так и с распределенными параметрами не рассматриваются; колебания в поперечной плоскости не связаны с продольно-вертикальными; беговая дорожка шины рассматривается в виде безинерционного обруча с радиусом, равным радиусу качения, а контакт колеса с дорогой точечным; шины имеют постоянный контакт с микропрофилем без пробуксовки и бокового проскальзывания; жесткость шин, а так же подвески переднего моста, трансмиссии, прицепного технологического оборудования и пачки хлыстов постоянны. Это позволило существенно минимизировать количество обобщенных координат рассматриваемых моделей.

Предлагаемый математический аппарат дал возможность получить в системе высокоуровневого программирования MATLAB 7.11.0 (R2010b) матрицы численных значений отклонений степеней свободы моделей, первые производные этих отклонений и соответствующие им моменты времени протекания процесса. Это позволяет оценивать динамическую нагруженность колесной трелевочной машины, оснащенной различным по типу технологическим оборудованием [6].

Результаты теоретических исследований получены при одинаковых параметрах объема пачки деревьев, скорости перемещения базовой машины и микропрофилях трелевочных и пасечных волок. В качестве критерия оптимизации выбирались минимальные значения максимумов нормированных спектральных плотностей ускорений рассматриваемых обобщенных координат. Весовые и геометрические параметры сравниваемых вариантов прицепного тех-

нологического оборудования были определены изменением входящих в динамическую систему параметров.

Заключение. В результате теоретических исследований были определены оптимальные значения диапазонов варьирования параметров сравниваемых вариантов прицепного технологического оборудования, в качестве опорной системы которого рассматривалась двухосная тележка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Силаев, А. А. Спектральная теория поддрессоривания транспортных машин /А. А. Силаев. – М.: Машиностроение, 1972. – 192 с.
2. Протас П. А., Клоков Д. В. Аналитическое исследование процесса взаимодействия колесных трелевочных машин с пачкой хлыстов и волоком // Актуальные направления научных исследований XXI века: Теория и практика. –2014 – Т. 2: № 5–4. С. 256–260.
3. Исаченков В. С., Симанович В. А. Обоснование параметров канатно-чokerного технологического оборудования // Труды БГТУ. 2012. № 2 (149): Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 39 – 42.
4. Исаченков, В. С., Симанович В. А. Выбор типа прицепного технологического оборудования колесных трелевочных машин // Труды БГТУ. 2015. № 2 (175): Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 79 – 83.
5. Исаченков, В. С. Обоснование параметров прицепного технологического оборудования колесных трелевочных машин / В. С. Исаченков, В. А. Симанович // Труды БГТУ. – Минск: БГТУ, 2016. – № 2 (184) 2016 год. – С. 23 – 27.
6. Бендат, Дж. Измерение и анализ случайных процессов: пер. с англ. /Дж. Бендат, А. Пирсол. – М.: Мир, 1974. – 463 с.

УДК 630*377.4

В. А. Симанович, доц., канд. техн. наук;
В. С. Исаченков, ст. преп.; С. Е. Арико, доц., канд. техн. наук;
В. И. Гиль, ст. преп., канд. техн. наук; Н. В. Галах, студ.
(БГТУ, г. Минск)

РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОЛЕСНОЙ ТРЕЛЕВОЧНОЙ МАШИНЫ С ПРИЦЕПНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ НА ГРУНТАХ СО СЛАБОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Лесозаготовка включает в себя взаимосвязанные последовательные операции, такие как валка деревьев, обрезка сучьев, раскряжевка, трелевка и последующая вывозка древесного сырья потребителям. Процесс трелевки состоит из холостого хода трелевочного трактора, формирование пачки деревьев или хлыстов, рабочий ход и разгрузка на погрузочном пункте. На заготовке древесного сырья в указанных условиях работы в настоящее время в Республике Беларусь, используются колесные трелевочные трактора с канатно-чокерным технологическим оборудованием. Основным недостатком таких машин являются потери рабочего времени для преодоления участков трелевочных или магистральных волоков со слабой несущей способностью почвогрунта при буксовании.

Основой регрессионного анализа эффективности работы колесной трелевочной машины с прицепным технологическим оборудованием на грунтах со слабой несущей способностью является оценка ее сменной производительности, определяемой порезультатом фотохронометрирования операций рабочего процесса колесной трелевочной машины с прицепным технологическим оборудованием. Данные заносились в таблицу технологического цикла работы машины. Там же указывалось наименование груза, его характеристика, среднее расстояние трелевки, длина участков со слабой несущей способностью почвогрунтов, условия сбора и разгрузки хлыстов, характеристика лесосеки, состояние, рельеф местности и дороги, способы валки деревьев и прочее. Фотохронометраж фиксировалось с помощью секундомера, а расстояние трелевки, включающее холостой и рабочий ход.

Продолжительность фотохронометрирования была определена в объеме трех контрольных смен работы и 15 контрольных наблюдений (циклических рейсов) в каждой. По результатам замера длины хлыстов и их диаметров в комлевой части (согласно правилам таксации леса) определялся объем пачки хлыстов. Замеры проводились на рубках главного пользования на различных режимах работы в процессе трелевки древесины на лесосеке с породным составом 5Е2С2Ос1Б+Е (тип

леса 1а), средним объемом хлыста $0,23 \text{ м}^3$, полнотой 0,7, при среднем возрасте древостоя 70 лет. Длина пасечного волока составляла от 50 м до 300 м. Величина участков со слабой несущей способностью почвогрунта на пасечных волоках колебалась составляла около 40 м. Объем трелеваемой пачки хлыстов варьировалась от $0,15 \text{ м}^3$ до $1,28 \text{ м}^3$, скорости перемещения трактора – от 4,57 км/ч до 8,53 км/ч.

Результаты фотохронометрирования времени рабочего цикла и сменной производительность колесной трелевочной машины с прицепным технологическим оборудованием представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Значения времени рабочего цикла

Объем пачки, м^3	Длина трелевки, м					
	50	100	150	200	250	300
0,15	225	289	352	415	479	542
0,26	252	316	379	442	506	569
0,62	263	327	390	453	517	580
0,85	268	332	395	458	522	585
1,28	273	337	400	463	527	590
1,50	288	352	415	478	542	605
1,70	293	357	420	483	547	610

Таблица 2 - Значения сменной производительности

Объем пачки, м^3	Длина трелевки, м					
	50	100	150	200	250	300
0,15	13,26	10,32	8,48	7,19	6,28	5,50
0,26	20,52	16,37	13,64	11,70	10,22	9,09
0,62	46,89	37,71	31,62	27,22	23,85	21,26
0,85	3,08	50,92	42,80	36,91	32,39	28,90
1,28	93,26	75,54	63,65	54,98	48,31	43,15
1,50	103,59	84,76	71,89	62,42	55,05	49,31
1,70	115,40	94,71	80,51	70,01	61,82	55,43

В результате была получена регрессионная зависимость производительности труда, которая определяется по формуле:

$$P_{\text{см}} = P_{00} + P_{10} \times V_{\text{п}} + P_{01} \times L_{\text{т}} + P_{20} \times V_{\text{п}}^2 + P_{11} \times V_{\text{п}} \times L_{\text{т}} + P_{02} \times L_{\text{т}}^2,$$

где коэффициенты регрессионной зависимости имеют следующие значения (в скобках указаны предельные отклонения):

$$P_{00} = 12,13 \text{ м}^3/\text{см}; P_{10} = 75,17 \text{ см}^{-1}; P_{01} = -0,1562 \text{ м}^2/\text{см}; \\ P_{20} = -2,807 \text{ м}^{-3} \cdot \text{см}^{-1}; P_{11} = -0,1346 \text{ м}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}; P_{02} = 4,111 \cdot 10^{-4} \text{ м}/\text{см}.$$

Полученная методика определения регрессионные зависимости производительности труда колесной трелевочной машины с прицепным технологическим оборудованием может быть использована для оценки эффективности применения данных машин в различных условиях Республики Беларусь.

УДК 625.7/8+539.376

А.П. Лашенко, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СЛОИСТЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ВРЕМЕНИ НАГРУЖЕНИЯ

Задача исследования изменения напряжений и перемещений в слоистой системе с учетом реологических свойств материалов, применяемых в дорожном строительстве, является актуальной. Анализ показал, что в литературных источниках в недостаточной мере проведено исследование напряженно-деформированного состояния слоистых систем с учетом ползучести материалов при математически строгой постановке задачи. На основании экспериментально полученных кривых ползучести и сравнения решений дифференциальных уравнений, полученных на АВМ нами был выбран и обоснован закон деформирования с учетом временной координаты для наиболее распространенных дорожно-строительных материалов. Установлено, что для материалов, используемых в дорожном строительстве, с достаточной точностью для практических целей, может быть принята следующая зависимость:

$$En \frac{d\varepsilon}{dt} + H\varepsilon = n \frac{d\sigma}{dt} + \sigma, \quad (1)$$

где E - мгновенный модуль упругости, H - длительный модуль упругости, n - коэффициент времени релаксации, зависящий от упруго-вязких свойств дорожно-строительных материалов и вида нагружения, σ - напряжение, ε - деформация.

Расчетной математической моделью дорожной одежды и земляного полотна может служить многослойное квазистатическое упруго-вязкое полупространство, на поверхность которого действует нагрузка, равномерно распределенная, но площади круга. Каждый i -слой характеризуется пятью параметрами: E_i , H_i , n_i , коэффициентом Пуассона μ_i и толщиной h_i . Решение задачи сводится к отысканию системы бигармонических функций $\varphi_i(r, z)$, с которой горизонтальные и вертикальные деформации тензора перемещения связаны интегральными зависимостями, на основании которых получены аналитические выражения для определения значений компонент тензора перемещений в любой точке упруго-вязкого слоистого полупространства с учетом ползучести используемых материалов и времени действия нагрузки. Данные зависимости обобщены для однородного, двухслойного и трехслойного упруго-вязких полупространств.

УДК 625.7

А.П. Лашенко, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

ДИНАМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ НА ПОКРЫТИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В настоящее время при расчете дорожных одежд величина динамического коэффициента принимается 1,2 – 1,3, что недостаточно обосновано. Не установлена также зависимость коэффициента динамичности от типа подвижного состава, скорости его движения и дорожных неровностей. Это обстоятельство в известной мере отрицательно сказывается на выборе рациональных конструкций дорожных одежд. При теоретическом решении вопроса динамического воздействия подвижного состава на дорогу и определение сил, действующих на нее, в первую очередь необходимо рассмотреть колебания подвижного состава, как источник динамического воздействия.

В основу динамики дорожного покрытия, как и других инженерных сооружений, кладется теория колебаний, которая является важнейшей и решающей задачей общей динамики. Поэтому теоретические исследования поставленного вопроса необходимо начать с исследования законов, характера и величины колебаний подвижного состава при взаимодействии с дорожным покрытием.

При расчете дорожной одежды действие динамической подвижной нагрузки отождествляется с условной статической, увеличенной по сравнению с действительной статической, на так называемую динамическую добавку. Таким образом, действие динамической нагрузки на покрытие от колес подвижного состава будет представлено как статическая нагрузка, умноженная на динамический коэффициент.

При определении динамического коэффициента от подвижной нагрузки в виде пневматических колес автомобиля необходимо знать расчетную колебательную схему и закон вынужденных колебаний.

Однако для более полного исследования вопросов колебаний подвижного состава на покрытии рассматриваются свободные колебания автомобильного поезда с учетом связей между осями и возможными колебаниями перевозимых длинномерных грузов. При составлении уравнений колебания подвижного состава использовали известные методы динамики твердого тела. Не уменьшая роль и значение существующих методов определения ровности дорожного покрытия при диагностике автомобильных дорог, считаем, что учет динамического воздействия подвижного состава на покрытие, имеющего детерминированные неровности, является задачей весьма актуальной.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ АВТОТРАНСПОРТА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗКИ ДРЕВЕСИНЫ

Проблемой организации и управления транспортным процессом с целью повышения его эффективности занимались многие ученые. Как показывают результаты изучения информации по данному вопросу, исследователи не учитывали ряд актуальных факторов.

В настоящее время вывозка древесины осуществляется различным потребителям, регламентирующим не только объемы и качество (сорт) поставляемой древесины, но и сроки доставки. Данное обстоятельство предопределяет множественность возможных вариантов организации поставок. В то же время, анализ литературных источников показывает, что в теории и практике перевозок отсутствуют методы обоснования очередности транспортного обслуживания потребителей, которые бы учитывали размер упущенной выгоды из-за несвоевременной вывозки и доставки древесины, а также позволяли оценивать качество организации работы транспортных средств на вывозке древесины.

В качестве такого обобщенного критерия первоочередности транспортного обслуживания потребителей и оценки эффективности организации работы автомобильного транспорта при различных вариантах перевозок древесины предлагается использовать функцию срочности перевозки древесины (ФСЖД) [1, 2]. Анализ транспортного процесса на основе указанного критерия отражает изменение во времени потребностей в поставках и устанавливает их приоритет, а также позволяет количественно оценивать качество организации работы автомобильных транспортных средств на вывозке древесины в нормативном и штрафном интервалах поставок [1, 2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Короленя, Р. О. Организация вывозки заготовленной древесины потребителям с учетом ограничений по срокам поставок / Р. О. Короленя // Бюллетень научных работ Брянского филиала МИИТ. – 2013.– Вып. 4. – С. 11-15.

2. Korolenia, R. O. Forecasting the process transportations of wood to consumers taking into priority of deliveries / R. O. Korolenia // Science progress in European countries: new concepts and modern solutions, proceedings of the 1st International scientific conference. – Stuttgart. – 2013. – P. 96-97.

ВРЕМЯ ЦИКЛА ЛЕСОВОЗНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОСНОВНЫХ СХЕМ ВЫВОЗКИ ДРЕВЕСИНЫ

Организация работы лесовозных транспортных средств, оперативное планирование вывозки древесины, определение технико-экономических показателей работы техники – эти и многие другие вопросы напрямую связаны с определением времени цикла работы.

Получение достоверных значений времени цикла даже на маятниковых маршрутах работы лесовозных транспортных средств требует учета значительного количества факторов.

Разработана методика расчета времени цикла лесовозных транспортных средств, которая основана на определении по полученным аналитическим зависимостям времени пребывания древесины в подсистемах «транспортировка» и «лесотранспортный узел» для различных схем и способов поставок, которая в полной мере учитывает условия движения автомобильных транспортных средств, их состав и сезонность выполнения поставок, что обеспечивает эффективное планирование вывозки заготовленной древесины [1, 2].

Затраты времени в подсистеме «транспортировка» предложено рассчитывать в рамках каждой из трех групп сложности маршрутов, выделяемых посредством XYZ-анализа, по значениям коэффициентов сложности движения автопоездов для участков автодорог с различными типами покрытий, входящих в маршруты транспортировки и длин этих участков в рамках группы сложности, к которой относится маршрут [1, 2]. Экспериментально установлено, что рассчитанные по полученным аналитическим зависимостям значения времени цикла отличаются от фактических значений не более чем на 12% [1, 2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Короленя, Р. О. Результаты исследований временных характеристик движения сортиментовозов / Р. О. Короленя // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2009. – Вып. XVII. – С. 67–70.
2. Короленя, Р. О. Классификация маршрутов перевозки древесины и определение продолжительности движения по ним сортиментовозов в условиях работы лесохозяйственных учреждений Республики Беларусь / Р. О. Короленя // Технология и оборудование лесопромышленного комплекса: сборник научных трудов СПбГЛТУ. – 2013. – Вып. 6. – С. 109-116.

УДК 630*

Е. А. Леонов, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск);
Д. В. Клоков, доц., канд. техн. наук (БНТУ, г. Минск);
А.А. Духовник, студ. (БГТУ, г. Минск)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАГОТОВКИ ДРЕВЕСИНЫ МАШИНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ СОБСТВЕННОСТИ

Одним из приоритетных направлений развития Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь является постепенный выход на самофинансирование. Положительным примером являются достижения государственных лесов Польши, которые находятся на полном самофинансировании главным образом за счет реализации древесины. Отличительной особенностью польских лесхозов является полная организация всего комплекса работ, связанных с ведением лесного хозяйства и лесозаготовок. При этом все работы, начиная от закладки лесных культур и заканчивая лесозаготовками и очисткой мест рубок, выполняются наемными подрядными организациями, которые выбираются на основании тендера. В данной сфере в настоящее время занято около 50 тыс. человек.

Цена услуг формируется на основе спроса и предложения. При этом с целью контроля и рыночного регулирования стоимости тех или иных видов услуг, а также гарантированного их выполнения некоторые надлесничества Польши осуществляют частичную заготовку древесины собственными многооперационными комплексами.

Целью теоретических исследований являлся сравнительный анализ ведения лесозаготовительной деятельности лесопункта ГОЛХУ «Вилейский опытный лесхоз» и частных лесозаготовителей, работающих на услугах.

Сравнительная оценка производственной деятельности рассматриваемых субъектов хозяйствования производилась на основании себестоимости заготовки 1 м³ древесины многооперационными машинными комплексами («Амкодор 2551 + Амкодор 2661-01») производства ОАО «Амкодор». Методика расчета данного параметра, применяемая в ГОЛХУ «Вилейский опытный лесхоз» включает определение следующих основных статей затрат: фонд заработной платы рабочих с отчислениями; затраты на содержание и эксплуатацию оборудования; затраты на сырье и материалы; общепроизводственные расходы; общехозяйственные расходы.

На рис. 1 приведено процентное соотношение доли составных затрат в общей себестоимости заготовки 1 м³ древесины.

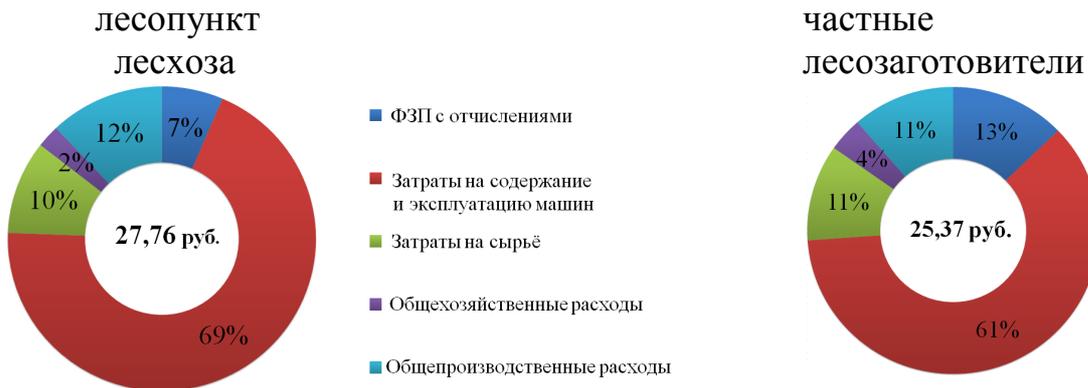


Рисунок 1 – Значение удельной себестоимости заготовки древесины машинным комплексом

На основании рис. 1 видно, что доля затрат на содержание и эксплуатацию машин и общепроизводственные расходы у частных лесозаготовителей будут меньше на 8% и 1% соответственно, чем аналогичные показатели в ГОЛХУ «Вилейский опытный лесхоз». Аналогично доля затрат на сырьё и ФЗП с отчислениями в ГОЛХУ «Вилейский опытный лесхоз» будут меньше на 1% и 6% соответственно, чем указанные показатели у частных лесозаготовителей.

Исследованиями установлено, что основными факторами, влияющими на величину удельной себестоимости заготовки 1 м³ древесины машинным комплексом «Амкодор 2551 + Амкодор 2661-01» является среднее расстояние трелёвки (подвозки) и средний объём хлыста. Результаты приведены на рис. 2 и 3. На основании рис. 2 и 3 видно, что с увеличением среднего расстояния трелёвки со 100 м до 1000 м, значение удельной себестоимости заготовки древесины в условиях ГОЛХУ «Вилейский опытный лесхоз» увеличивается с 9,15 руб. до 14,90 руб. (62,84%), а для частных лесозаготовителей увеличивается с 8,51 руб. до 13,91 руб. (63,45%).

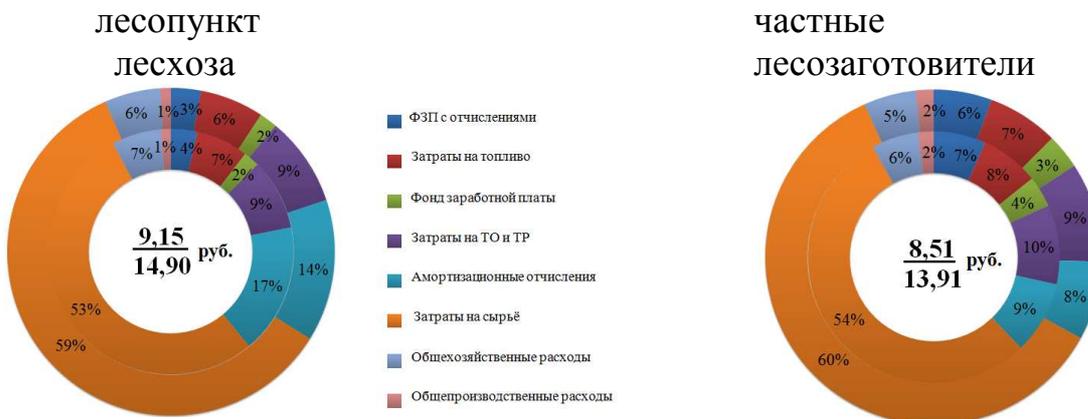


Рисунок 2 – Значение удельной себестоимости заготовки древесины машинным комплексом при среднем расстоянии трелёвки (подвозки) от 100 до 1000 м

лесопункт

частные



Рисунок 3 – Значение удельной себестоимости заготовки древесины машинным комплексом при среднем объеме хлыста от 0,2 до 0,8 м³

С увеличением среднего объема хлыста с 0,2 м³ до 0,8 м³ аналогичный параметр в условиях ГОЛХУ «Вилейский опытный лесхоз» уменьшается с 33,11 руб. до 22,48 руб. (32,11%), а для частных лесозаготовителей уменьшается с 30,00 руб. до 20,65 руб. (31,17%).

Проведенные в условиях ГОЛХУ «Вилейский опытный лесхоз» теоретические исследования позволили установить, что выполнение плановых показателей предприятиями Министерства лесного хозяйства РБ и наращивание доли заготовленной древесины машинными комплексами в сложившихся природно-производственных условиях невозможны без привлечения частных лесозаготовителей, работающих на услугах. При этом полностью отказаться от собственных производственных мощностей по заготовке древесины предприятия Минлесхоза не могут ввиду ряда причин:

- нежелание индивидуальных лесозаготовителей осуществлять поставки древесины на внутренний рынок по фиксированным ценам на социально-значимые объекты, в том числе и на неплатежеспособные предприятия концерна «Беллесбумпром»;
- отсутствие гарантированного и бесперебойного обеспечения древесиной социально-значимых объектов страны;
- невозможностью со стороны Минлесхоза в этом случае выполнять контроль и рыночное регулирование стоимости тех или иных видов услуг, связанных с лесозаготовительной деятельностью.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РАЗМЕЩЕНИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛЕСОСЕК С УЧЕТОМ КОНЦЕНТРАЦИИ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ

Размеры лесосеки и предельная ее площадь регламентируются действующими правилами рубок в зависимости от категории лесов, вида и способа рубок. При этом устанавливаются также ограничения к суммарной площади транспортно-технологических элементов лесосек, что связано с лесоводственно-экологическими требованиями. К таким элементам, расположенным на лесосеке относятся: пасечные и магистральные трелевочные волокна; верхний (промежуточный) склад или погрузочный пункт. Кроме того к лесосеке может примыкать лесовозный ус, а промежуточный склад может находиться вне территории лесосеки, примыкая к лесохозяйственной дороге.

Учитывая многообразие эксплуатационных условий на лесосечных работах, площадей лесосек, способов рубок леса размещение, количество, протяженность и суммарная площадь, занятая транспортно-технологическими элементами могут отличаться в широких диапазонах. При этом от рациональной схемы размещения таких элементов в существенной степени зависит производительность лесозаготовительных и лесотранспортных машин, трудозатраты на устройство и содержание лесотранспортной сети, воздействие лесозаготовок на лесные экосистемы.

В этой связи с целью оценки размещения транспортно-технологических элементов лесосек разработана методика, которая позволяет определить эффективное размещение пасечных и магистральных трелевочных волокон или при известных схемах их размещения – осуществлять выбор рациональной технологии сбора и транспортировки сортиментов форвардером.

Различают два типа волокон – пасечный и магистральный. Пасечный волок служит для трелевки древесины только с одной пасеки, размещаясь вдоль нее. Магистральный волок выполняет роль собирающего транспортного пути, по которому происходит трелевка древесины с нескольких пасечных волокон на погрузочный пункт. Поэтому магистральные волокна требуют больших трудозатрат на их устройство и содержание, чем пасечные.

Важным технологическим вопросом является выбор схемы расположения трелевочных волокон на делянке. В настоящее время с

учетом рельефа местности, почвенно-грунтовых условий, размеров и конфигураций лесосек, типа трелевочного механизма, наиболее широко применяются следующие схемы:

1. Схемы с параллельным размещением волоков. Примыкание волоков к одному погрузочному пункту позволяет более строго выдерживать разбивку делянки на пасеки. Схема рекомендуется для делянок небольшой площади (до 5 га) и равнинной местности, когда расстояние трелевки не превышает 300 м.

2. Схема с радиальным размещением волоков приемлема для лесосек вытянутой формы, когда расстояние трелевки свыше 300 м. По этой схеме 1-3-магистральные волокна проходят на всю глубину лесосеки, а к ним с одной или двух сторон примыкают под углом 45° пасечные волокна.

3. Схема с диагональным размещением магистральных волоков рекомендуется для лесосек с пересеченным рельефом местности и при наличии неэксплуатационных участков.

При разработке лесосек с малыми объемами лесозаготовок, вблизи которых имеются транспортные пути общего пользования, а также при необходимости максимального сохранения подроста погрузочные пункты могут быть вынесены за пределы делянки.

Исходными данными в методике оценки размещения транспортно-технологических элементов лесосек являются: размеры и площадь лесосеки; тип трелевочной машины и ее грузоподъемность; тип почвенно-грунтовых условий; количество сортотипов сортиментов; концентрация сортиментов вдоль волоков.

Сущность методики заключается в определении размещения волоков, при котором будет наименьшая грузовая работа форвардера, соответственно и воздействие на поверхность движения, а также наименьшая суммарная площадь транспортно-технологических элементов в пределах лесосеки.

Для апробации разработанной методики в программе по определению рациональных способов трелевки сортиментов, разработанной фирмой «Ponsse», составлены варианты размещения транспортно-технологических элементов лесосек, которые могут быть применимы в условиях лесосечных работ в лесхозах республики.

УДК 674.816.2

А.С. Панкратович, магистрант;
П.А. Протас, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДРЕВЕСНОЙ ЩЕПЫ ИЗ ОТХОДОВ ЛЕСОПИЛЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОМПОЗИТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Выход готовых пиломатериалов составляет порядка 45–60% (в зависимости от используемого оборудования, сырья, схемы раскроя и т.д.). В 2018 году лесхозами страны было выпущено пиломатериалов около 1,1 млн. м³. При этом отходы от лесопиления составили около 0,6 млн. м³. Существенный объем кусковых отходов лесопиления сегодня перерабатывается в щепу. В настоящее время, цена на топливную щепу колеблется около 15 евро за 1 м³, и спрос на нее падает. Причиной этого являются теплые зимы, избыток древесного сырья на рынках европейских стран и др. В таких условиях лесхозы страны ищут пути повышения эффективности переработки древесных отходов. Одним из таких путей является использования щепы в производстве пеллет.

По указу Президента Республики Беларусь, в 2021 году планируется ввести в эксплуатацию 12 заводов по производству пеллет, общей мощностью около 1 млн м³ сырья, в том числе из отходов лесопиления.

Однако далеко не все отходы лесопиления могут быть использованы в данном производстве.

Еще одним из вариантов использования отходов лесопиления является производство композитных строительных материалов.

Широкое распространение на рынке получили такие композитные строительные материалы (в качестве заполнителя используется щепа) как Арболит, Durisol (Нидерланды), VELOX (Австрия), Faswall (США), Econoblok (Великобритания).

На постсоветском пространстве большую распространенность получил конструкционный строительный материал Арболит. Арболит – легкий бетон на основе цементного вяжущего, органических заполнителей и химических добавок.

К достоинствам арболита можно отнести: хорошую теплоизоляционную способность; сохранение тепла; он относится к трудновоспламеняемым веществам и образует минимум дыма; обладает высокой паропроницаемостью; устойчив к нагрузке на растяжение; морозостойкий; хорошо пилится, режется и держит крепеж; отличается относительно малым весом; цена (около 65 евро за 1 м³).

К недостаткам арболита можно отнести: водопоглощение; относительно невысокую прочность (подходит для малоэтажного строительства).

Примерный расход сырья на производство 1 м³ арболита:

- цемент М500, расход 330 кг/м³;
- щепа – на 1 м³ арболита – 1,2 м³ щепы;
- сульфат алюминия 9 кг/м³;
- вода в среднем 150л/м³.

Из всего выше приведенного и некоторых выполненных расчетов можно сделать следующие выводы:

- Рынок щепы нестабилен, на него сильно влияет сезонность года;
- Рынок арболита, в свою очередь, является более стабильным и менее конкурентным;
- Изменение климата, в ближайшем будущем, может благоприятно повлиять на рынок арболита (т.к. это материал требующий более теплого и не влажного климата);
- Арболит является продуктом с высокой добавленной стоимостью;
- Проведенные ориентировочные расчеты показали, что при использовании щепы при производстве арболита ее стоимость при реализации готовой продукции будет больше на 3–5%, чем чистая продажа щепы;
- Республика Беларусь обладает большим количеством сырья, для производства арболита.
- Данное производство благоприятно повлияет на экономику страны, появятся новые рабочие места, увеличится экспорт готовой продукции и т.д.

Таким образом, можно отметить о целесообразности применения древесной щепы из отходов лесопиления в производстве композитных строительных материалов.

Одним из вариантов дальнейших исследований в данном направлении является оценка возможности использования в производстве арболита отходов лесозаготовок, которые на данный момент практически не находят применения. Кроме того, интерес представляет разработка технологий производства органического древесного наполнителя для арболита из смеси различных отходов.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЕДИНИЧНЫХ НЕРОВНОСТЕЙ НА РАБОЧИЙ ОРГАН УБОРОЧНОГО ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В процессе работы машина для сбора порубочных остатков воспринимает динамические нагрузки, передающиеся через технологическое оборудование. Существенное влияние на формирование нагрузок оказывают геометрические параметры взаимодействия зубьев рабочего органа и профиль воздействующей на него поверхности. В процессе предварительных экспериментальных исследований установлено, что наибольшие воздействия зубья рабочего органа воспринимают при взаимодействии с пнями, оставшимися после проведения рубки. Отмечались случаи, при которых воздействие пня на зуб приводило к искривлению последнего, либо образованию и развитию трещины в его конструкции.

Поэтому, для определения характера взаимодействия зубьев с пнем, анализа возникающих силовых факторов, их влияния на процесс работы машины, исключения поломки зубьев в процессе их эксплуатации, разработана расчетная схема с действующими силами на рабочий орган (рис. 1).

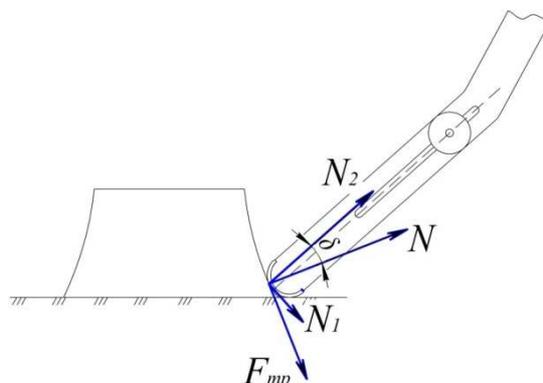


Рисунок 1 – Силы, действующие на рабочий орган

Для описания процесса воздействия поверхности пня на зуб использована теория контактного взаимодействия в кулачковых механизмах. Зуб рабочего органа представляет собой толкатель, движущийся по дуге окружности, радиус которой конструктивно задается роликовыми направляющими. Поверхность зуба, взаимодействующая с образующей поверхностью пня, также имеет профиль в виде дуги окружности и задается соответствующей математической функцией.

При движении зуба вдоль образующей пня, точка их взаимодействия постоянно изменяется. В каждый момент времени, точки взаи-

модействия профилей зуба и пня определяются общей касательной функций их образующих.

В точке контакта действует нормальная сила N направленная перпендикулярно общей касательной. Она вызывает образование силы трения $F_{тр}$ между пнем и опорной поверхности зуба, направленной вдоль общей касательной. Нормальная сила N имеет две составляющие. Одна из них – подъемная «полезная» сила N_2 , направлена по касательной к траектории движения зуба, и стремится переместить его растянув при этом пружину на величину Δ . Другая сила N_1 , направлена перпендикулярно подъемной, стремится изогнуть зуб и соответственно является «вредной». Угол давления δ , который образуется между нормальной силой N и ее составляющей N_2 , определяет возможность заклинивания механизма движения зуба и практически не должен выходить за пределы диапазона $-40^\circ - +40^\circ$. Точка приложения силы N в месте контакта зуба с пнем будет постоянно изменяться в процессе перемещения по образующей пня.

Взаимодействие зуба с профилем пня приводит к образованию общей силы сопротивления движению машины (рис. 2).

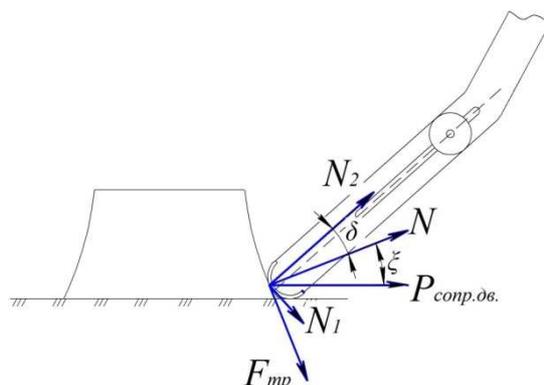


Рисунок 2 – Образование силы сопротивления движению

При появлении такой силы, также образуется угол ξ между нормальной силой N и общей силой сопротивления движению машины $P_{сопр.дв.}$. Величина силы сопротивления движению $P_{сопр.дв.}$ определяется проекциями сил N и $F_{тр}$ вдоль горизонтальной оси.

При преодолении пня высотой максимально возможной преодоления оборудования 0,25 м сила сопротивления движению машины достигает до $P_{сопр.дв.}=763$ Н, нормальная сила $N=700$ Н, подъемная «полезная» сила составляет $N_2=643$ Н, сила трения $F_{тр}=350$ Н, а изгибающая «вредная» сила $N_1=280$ Н.

**Подсекция «Технология и оборудование
деревообрабатывающей промышленности»**

УДК 674.048

А. Ю. Бовтрель, асп.; И. К. Божелко, доц., канд. техн. наук;
А. Ю. Ключев, проф., д-р. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

**АНТИСЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОСТАВА
НА ОСНОВЕ КАНИФОЛИ**

Среди мер борьбы с биоповреждениями материалов первое место занимают химические средства защиты – антисептические составы. Они должны отвечать ряду требований: быть токсичными по отношению к грибам и насекомым, но безвредными для человека и животных; хорошо проникать в материал, быть стойкими во времени, не снижать прочность, не портить внешнего вида и т.п. Для получения модифицированной канифоли было использовано следующее сырье: сосновая живичная канифоль (СЖК) и диспропорционированная канифоль (ДЖК). Катализатором диспропорционирования служил I_2 в количестве 0,5 мас. % (температура реакции $T = 220 \pm 5$ °С, время реакции 2 ч.). В качестве химических модификаторов канифоли были использованы: этилендиамин (ЭДА), диэтиленetriамин (ДЭТА), гексаметилендиамин (ГМДА) со свойствами: ЭДА - $T_{пл} = 11$ °С, $T_{кип} = 116,5$ °С; ДЭТА - $T_{кип} = 206,7$ °С; ГМДА - $T_{пл} = 42$ °С, $T_{кип} = 196$ °С. Взаимодействие живичной и диспропорционированной канифоли с аминами проводили в реакторе, снабженном механической мешалкой, термометром и холодильником. Канифоль загружали в реактор и включали электрообогрев. При достижении температуры 100 °С включали мешалку и перемешивали до получения однородной массы. При температуре 100-105 °С загружали диамин. В течение 30–40 мин температуру смеси повышали до 190 ± 5 °С и поддерживали ее на этом уровне до конца процесса. В процессе реакции контролировали температуру и интенсивность перемешивания. Контроль над ходом реакции осуществляли путем отбора проб и определения из кислотного числа (КЧ). При достижении реакционной смесью постоянного КЧ мешалку отключали и отгоняли реакционную воду и непрореагировавший диамин под вакуумом при остаточном давлении 10–15 мм.рт. ст. и температуре 190 ± 5 °С. После завершения отгонки конечный продукт выливали в отдельные формы, где он окончательно остывал. Бизащитные свойства составов по отношению к плесневым и деревоокрашивающим грибам испытывали в соответствии с ГОСТ 30028.4 – 2006. Грибостойкость пропитанных образцов древесины по отношению к дереворазрушающим грибам оценивали по ГОСТ 16712-95.

В результате исследований получено, что оптимальное соотношение в пропиточных составах модифицированной канифоли составляет 25–30 мас. % для полного подавления роста грибов.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРЫ ДЕРЕВЬЕВ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОНСТРУКЦИОННО-ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПЛИТ

При окорке древесины перед ее раскроем или другой переработкой образуется кора, утилизация которой затруднена по ряду причин: содержание радиоактивных компонентов, кислотность, большой зольный остаток [1] и др.

Производство строительных материалов из коры позволит:

- вовлечь в оборот естественный углерод,
- улучшить экологию за счет введения в общий объем изделия, что снизит потребление более дорогих материалов;
- увеличить звуко-теплоизоляционные свойства продукта;
- улучшить эстетическое восприятие за счет цветового контраста и проницаемости для жидких красителей.

Активное потребление плитного и листового материала для изоляции пространства или выравнивания поверхностей является устойчивой тенденцией в современном строительстве. Учитывая тот факт, что кора имеет низкую прочность и твердость, использование ее для армирования строительных материалов абсурдно. Однако, кора обладает хорошими изолирующими свойствами и отлично поглощает динамические нагрузки. Эти свойства имеют большую ценность в производстве энерго-эффективных конструкционных материалов.

Таким образом, помимо монолитных растворов и блоков, получение которых не вызывает сомнений, даже при использовании органических наполнителей любого происхождения, формы и фракции, способ получения конструкционно-теплоизоляционных плит из коры вызывает особый интерес.

Отечественный опыт производства строительных материалов конструкционного назначения из коры предполагал использование минерального вяжущего такого как цемент или гипс [2]. Получение плитных материалов с длинным циклом набора прочности вряд ли может конкурировать в современных условиях производства из-за сложности, длительности и дороговизны процесса изготовления. Так использование гипса выглядит более привлекательно с технологической стороны в отличие от цемента и его смесей.

Технологический процесс производства может включать следующую последовательность операций: подготовка коры, смешивание с добавками и вяжущим, смешивание с добавлением воды, отливка в

формы или на поддоны, прессование (для полусухого способа) или вибрационное уплотнение, выдержка до схватывания, закаливание, распалубка, сушка и набор транспортной прочности, отгрузка потребителю.

Сейчас ведутся лабораторные исследования, устанавливается оптимальный фракционный состав наполнителя и состав компонентов материала, допустимые размеры изделий, оценивается комплекс свойств наиболее удачных вариантов.

Полученные корьевые плиты можно применять в качестве материала для отделки при устройстве легких несущих перегородок, потолков, облицовки несущих и несущих стен. При дополнительном периферическом армировании стекло-сеткой или картоном их можно использовать взамен гипсоволокнистых листов (ГВЛ) и гипсостружечных плит (ГСП).

Уже получены данные, подтверждающие высокую реакционную способность коры с некоторыми объемно-армирующими добавками, этот процесс обеспечивает вспенивание, что в конечном итоге снижает массу плит, обеспечивая им универсальное применение.

При добавлении некоторых добавок возможно использование коры с высоким содержанием Цезия-137, т.к. после их введения радиационный фон снижающая в среднем в 10 раз. Это позволяет наиболее эффективно утилизировать отходы окорки древесины, заготовленной в местах пострадавших от аварии на ЧАЭС и других районах с высоким радиационным фоном.

Так технология производства плит из коры снижает себестоимость продукции. Традиционная утилизация коры, способами захоронения на полигонах или сжигания [3], не требуется.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федосенко И. Г. Перспективы использования коры деревьев в экодизайне экстерьера и интерьера зданий // Технология и техника лесной промышленности: тезисы 83-й науч.-технич. конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 04–15 февраля 2019 г. [Электронный ресурс] / отв. за издание И. В. Войтов; УО БГТУ. – Минск: БГТУ, 2019. – С. 61–62.

2. Коротаяев, Э. И. Производство строительных материалов из древесных отходов / Э. И. Коротаяев. – М.: Лесная промышленность, 1972. – 143 с.

3. Цывин, М. М. Использование древесной коры / М. М. Цывин. – М.: Лесная промышленность, 1973. – 96 с.

О. К. Леонович, доц., канд. техн. наук;
С. А. Дупанов, магистрант (БГТУ, г. Минск)

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ НАТУРАЛЬНОГО МОРЕНОГО ДУБА

Морёный дуб – ценный невозполнимы природный ресурс, отличающийся от древесины обычного дуба по структуре, химическим и физико-механическим свойствам. Новые характеристики мореный дуб приобретает за тысячелетия нахождения во влажной среде без доступа кислорода. В зависимости от места залегания мореного дуба и продолжительности цикла нахождения, в новой среде содержащиеся в нем дубильные вещества, реагируя с солями железа, придают вариативный окрас. Возраст мореного дуба определяется анализом радиоуглеродного датирования.

В ряде работ приводятся разрозненные сведения о технических свойствах древесины мореного дуба, ее ценности и преимуществ при правильно организованном промышленном использовании [1-5].

Целью работы является определение основных проблем, возникающих при переработке натурального мореного дуба расширение областей его использования.

Для организации изготовления изделий высокого ценового диапазона из массива натурального мореного дуба, соответствующего качества, ориентированного на экспорт, а также производства высококачественных эксклюзивных мебельных и отделочных материалов, востребованных в государственно-представительных структурах, а также в значимых общественных проектах, выставочных залах, театрах, где целесообразность использования ценного природного ресурса – натурального мореного дуба неоспорима, и для целесообразного обоснованного использования мореного дуба необходимо:

- расширение направлений переработки натурального мореного дуба;
- развитие производственно-технологической базы;
- высококвалифицированные специалисты на всех этапах переработки мореного дуба, начиная от этапа подъема природного ресурса – мореного дуба до изготовления конечного изделия;
- изучение поведения материала на всех этапах переработки в зависимости от качественных и возрастных параметров;

- создание технологического регламента на переработку, сушку и дальнейшее использование материала.
- исследование физико-химических свойств материала, согласно качественно-возрастной группе;
- организация возможности экспорта мореного дуба в бревнах, а также в деловой древесине;
- разработка регламента качественно-оценочной характеристики натурального мореного дуба.

Выводы и предложения:

1. Ввести термин натуральный мореный дуб – древесина дуба, пролежавшая в воде период времени, больший периода времени роста этого дуба в естественных условиях и выделить его из состава топяковой древесины, куда она входит в силу происхождения.
2. Разработать стандарт регламентирующей качественные характеристики и классификацию мореного дуба.
3. Расширить использование перспективного материала – натурального мореного дуба при производстве эксклюзивных изделий и мебели для поднятия имиджа деревоперерабатывающего комплекса Республики Беларусь, а также занятия и закрепления лидирующей позиции в мире в нише оборота ценных пород древесины.
4. Создание национального бренда эксклюзивных изделий из мореного дуба.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петруша, А. К. Технические свойства древесины мореного дуба и его промышленное использование / А. К. Петруша. Минск.: Сборник научных трудов БТИ им. С. М. Кирова. – Выпуск VII, 1948. – С. 11-37.
2. Дупанов, А. А. Мореный дуб / Дупанов А.А. – ЛесПромИнформ. – №4(26). – 2005 г.
3. Дупанов, А. А. Основные проблемы добычи и переработки мореного дуба / А. А. Дупанов – ЛесПромИнформ №7(29), 2005 г.
4. Дупанов, А. А. Изделия из мореного дуба / А. А. Дупанов, ЛесПромИнформ №2(33), 2006 г.
5. Дупанов, А. А. Сложности деревообработки мореного дуба / Дупанов А.А, Дерево.ru 1/2019 (36).

УДК 674.817-41:633.511

О. К. Леонович, доц., канд. техн. наук;
И. К. Божелко, доц., канд. техн. наук;
(БГТУ, г. Минск)

Ж. И. Махмудов, магистрант
(Ташкентский химико-технологический институт)

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ПЛИТ ИЗ ХЛОПЧАТНИКА

Целью работы является разработка технологии производства экологически безопасных волокнистых плит из низко плотностных пород древесины и целлюлозосодержащих отходов хлопкового производства.

Во всем мире ведутся научные и практические работы по переработке отходов различных производств в том числе и сельского хозяйства. В Республике Узбекистан образовывается огромное количество отходов хлопчатника. Крайне важно вовлечь эти неиспользуемые ресурсы в хозяйственный оборот с организацией экономически целесообразных производств и создания продукции экологически безопасной и востребованной на внутреннем и внешних рынках [1].

В отечественной и зарубежной литературе имеются разноречивые сведения о технологиях по использованию хлопчатника для различных изделий народного потребления: получения пленок, волокна из хлопчатника, композиционных плитных материалов, композитных материалов, армированных волокном.

В предлагаемых технологиях при производстве конечной продукции предлагается использовать карбамидоформальдегидные смолы и другие химические реагенты оказывающие негативное влияние на окружающую среду в том числе и при эксплуатации уже готовой продукции. Кроме этого производство композитных материалов предлагается вести в прессах периодического действия, что вряд ли найдет применение в промышленности из-за низкой производительности.

Процесс переработки хлопчатника целесообразно исследовать в трех технологических направлениях: производство теплоизоляционных плит, производство плит сухого способа прессования средней и высокой плотности, и производство биопластов.

Нами исследуются технологические процессы производства экологически безопасных теплоизоляционных плит низкой плотности и процессы производства плит средней плотности на основе волокон из хлопчатника сухого способа прессования на прессах проходного типа.

Технологический процесс производства теплоизоляционных плит из древесного волокна низкой плотности от 50 до 240 кг/м³ содержит

следующие операции: подготовка и измельчение хлопчатника; сортировка сырья; производство волокна и его сушка; сепарирование волокон; смешивание волокна со связующим; формирование непрерывного ковра; отверждение непрерывного ковра; раскрой, создание профиля, штабелирование и упаковка плит.

В технологическом процессе предложено использовать два варианта смол не содержащих фенольных соединений и обеспечивающих выпуск экологически безопасных теплоизоляционных плит.

Для расширения области применения в технологическом процессе предусматривается использование биоволокна, одновременно являющегося клеевой композицией, позволяющего выпускать гибкие плиты для утепления конструкций различных геометрических форм.

Гибкие плиты в момент калибровки, охлаждается с тем, чтобы зафиксировать состояние уплотнения. Гибкие плиты характеризуются плотностью в диапазоне между 40 и 70 кг/м³ и имеют толщину в диапазоне между 40 до 240 мм. Они применяются в основном для устройства изоляции между стропилами крыш и для изоляции стен между стойками конструкции, состоящей из деревянных каркасов. В зависимости от плотности и толщины этих плит можно достичь высокой производительности.

Технологический процесс производства плит средней плотности от 650 до 800 кг/м³ и толщиной от 3 до 40 мм из хлопчатника мало чем отличается от процесса изготовления теплоизоляционных плит включает следующие операции: приемка и хранение сырья и материалов; приготовление, сортирование и гидромойка технологического сырья; размол технологической щепы на волокно; приготовление и введение связующего, отвердителя и гидрофобного компонента; сушка волокнистой массы; формирование волокнистого ковра; прессование плит;

Заключение: разрабатываемые технологии позволят эффективно перерабатывать отходы хлопчатника и других культур, содержащих целлюлозу, улучшить экологическую среду, вовлечь в строительную отрасль экологически безопасные теплоизоляционные плиты и плиты средней плотности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонович, О. К. Технология производства низкотоксичных плит сухого способа производства из стеблей хлопчатника и древесных пород низкой плотности / О.К. Леонович, И.К. Божелко, А. Н. Шернаев, Ж.И. Махмудов – Тезисы II МНТК «Минские научные чтения 2019» (Электронный ресурс).

РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ПРОГРЕВА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В НЕНАСЫЩЕННОЙ СРЕДЕ

Начальный прогрев древесины относится к нестационарному режиму, поскольку имеет место изменяющаяся во времени и по сечению температура самого сортамента (поверхность – внутренний слой) и температура агента обработки.

При рассмотрении процессов нагревания в ненасыщенной среде (увлажнитель – холодная диспергированная вода, $\varphi \neq 1$) необходимо раскрыть закономерности распределения температурного поля в поперечном сечении, в первую очередь по толщине плоского материала (доски).

Для того чтобы найти температурное поле внутри тела в любой момент времени, необходимо решить дифференциальное уравнение теплопроводности по формуле:

$$\gamma \cdot c \frac{\partial T}{\partial \tau} = \operatorname{div}(\lambda \operatorname{grad} T), \quad (1)$$

где γ – плотность древесины, $\text{кг}/\text{м}^3$; c – удельная теплоемкость древесины, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$; λ – коэффициент теплопроводности, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$; T – температура в произвольной точке тела, $^\circ\text{C}$.

Для решения данного уравнения необходимо знать распределение температуры внутри тела в начальный момент времени (начальное условие), геометрическую форму тела и закон взаимодействия между окружающей средой и поверхностью тела (граничное условие).

По закону сохранения энергии количества тепла $q_n(\tau)$, отданного поверхностью тела, равно количеству тепла, которое подводится изнутри к поверхности тела в единицу времени к единице площади поверхности путем теплопроводности, т.е.

$$q_n(\tau) = \alpha [T_n(\tau) - T_c(\tau)] = -\lambda \left(\frac{\partial T}{\partial n} \right)_n, \quad (2)$$

где для общности постановки задачи температура T_c считается переменной, а коэффициент теплообмена приближенно принят постоянным.

Таким образом, граничное условие при начальном прогреве древесины рассчитывается по следующей формуле:

$$\alpha [T_n(\tau) - T_c(\tau)] + \lambda \left(\frac{\partial T}{\partial n} \right)_n = 0, \quad (3)$$

Явления теплообмена носят весьма сложный характер, так как зависят от множества факторов, определяемых свойствами тела и его взаимодействия с окружающей средой.

В соответствии с методикой, предложенной в [1] произвели расчет теплофизических характеристик древесины в период прогрева. Также ранее была предложена математическая модель определения продолжительности прогрева пиломатериалов [2].

На основе результатов проведенных исследований и анализа существующих режимов прогрева можно рекомендовать следующее:

1. Нагрев древесины должен происходить равномерно и протекать медленно. Перепад температуры между внутренними и поверхностными слоями древесины не должен превышать $10-15^{\circ}\text{C}$. Это условие будет выполняться если, максимальная температура прогрева пиломатериалов не будет превышать 80°C .

2. Для интенсификации процесса прогрева можно порекомендовать его проведение в 2 этапа с возрастающей температурой обрабатываемой среды. Температура первого этапа должна быть на уровне $35-45^{\circ}\text{C}$. Температура 2 этапа прогрева должна быть близка к температуре первой ступени сушки древесины.

3. Продолжительность начального прогрева следует принимать в зависимости от ряда факторов, таких как: порода древесины; размеры; начальная влажность и температура древесины; состояние среды; скорость подъема температуры в камере.

4. На стадии начального прогрева степень насыщенности воздуха должна быть в пределах $\varphi=0,8-0,9$ для древесины с $W_{\text{нач}}>30\%$ и $\varphi=0,75-0,85$ при $W_{\text{нач}}<30\%$. При таких условиях сушка поверхностных слоев древесины происходить будет, однако возникающие при этом внутренние напряжения не будут превышать предел прочности на растяжение поперек волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рудак О.Г., Снопков В.Б. Изменение тепловых свойств древесины в период прогрева в ненасыщенной среде. – Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2012. – Вып. XX.

2. Рудак О. Г., Снопков В. Б., Мазаник Н. В. Сравнительный анализ методик определения продолжительности операции начального прогрева древесины. – Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2013. – Вып. XX.

ВЛАГОПРОВОДНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ В ПЕРИОД ПРОГРЕВА В НЕНАСЫЩЕННОЙ СРЕДЕ

Процесс камерной сушки пиломатериалов в камерах периодического действия проходит в несколько этапов. Начальный прогрев является первой технологической операцией процесса сушки пиломатериалов.

Прогрев проводится с целью доведения температуры высушиваемого материала до уровня температуры сушильного агента, а также для подготовки влагопроводящей системы древесины к последующему равномерному испарению влаги по толщине сортамента.

Существует два основных способа проведения начального прогрева:

- 1) в камерах с увлажнителем водяной пар;
- 2) в камерах с увлажнителем холодная диспергированная вода.

В первом случае в сушильной камере создается высокая степень насыщенности среды φ , близкая к 1 ($\Delta t = 0,5-1,5^\circ\text{C}$). Во втором случае степень насыщенности среды φ поддерживается на уровне 0,8–0,85 ($\Delta t = 2,5-3,5^\circ\text{C}$).

Современные технологии сушки предполагают использование режимов начального прогрева, при которых степень насыщенности обрабатываемой среды $\varphi < 1$ (разница показаний психрометра Δt должна быть не более 5°C).

Одной из важных физических характеристик влагопроводящей системы древесины является влагопроводность.

Влагопроводность – это способность материала проводить связанную влагу, а коэффициент влагопроводности характеризует интенсивность ее перемещения.

Коэффициент влагопроводности представляет собой величину, учитывающую одновременно передвижение влаги как в виде пара, так и в виде жидкости по двум системам водопроводящих путей в древесине: по системе макрокапилляров, заполненных воздухом (полости клеток, разделенные мембранами пор, межклеточные пространства), и по системе микрокапилляров в клеточных оболочках.

В течении процесса прогрева в ненасыщенной среде в древесине по толщине сортамента образуются три зоны:

1) диффузная зона с влажностью ниже $W_{\text{пг}}$; скорость передвижения связанной влаги в этой зоне определяется градиентом влажности;

2) зона испарения свободной влаги; средняя влажность древесины здесь выше $W_{\text{пг}}$ и постепенно повышается по направлению к центру сортимента; действительная влажность в различных точках этой зоны может быть, как выше, так и ниже предела гигроскопичности;

3) капиллярная зона с примерно одинаковой по всей толщине влажностью выше $W_{\text{пг}}$; перемещение свободной влаги происходит в этой зоне под влиянием разности капиллярных натяжений.

Результаты исследований, имеющиеся в различных литературных источниках, рассматривают процесс влагопроводности древесины без учета степени насыщенности обрабатываемой среды. В период прогрева степень насыщенности ϕ может меняться от 0,72 до 0,88. Следовательно, возникает необходимость исследовать характер и величину влагопроводности древесины в процессе ее прогрева, с целью определения влияния степени насыщенности среды ϕ на величину коэффициента.

По методике, описанной в [1], были исследованы зависимости изменения массы влаги во времени при различных температурах обрабатываемой среды. Полученные значения опытов были использованы для расчетов коэффициента влагопроводности.

Таблица 1 – Результаты расчета коэффициента влагопроводности

Температура t , °C	Относит. влажн. возд., ϕ , %		Структ. направл волокон	Равнов. влажн. др. W_p , %, со стороны		Коэф. влагопр- ти, $a' \cdot 10^6$, $\text{см}^2/\text{с}$
	в экс.	в колбе		экс.	колбы	
18	88	98,3	р	19,7	29,6	1,22
			т	19,0	29,1	0,65
52	88	99,6	р	18,2	26,6	6,33
			т	16,4	27,9	1,98
18	72	98,3	р	18,0	28,0	1,23
			т	–	–	–
52	72	99,6	р	12,7	25,1	5,04
			т	12,5	27,2	2,32

Анализируя вышепредставленные данные, отметим следующее. Величина коэффициента влагопроводности для различных условий эксперимента изменяется в пределах от $0,65 \cdot 10^{-6}$ до $6,33 \cdot 10^{-6}$ $\text{см}^2/\text{с}$. Полученные значения не противоречат сведениям,

имеющимся в литературе [2, 3]. Влагодпроводность сосны в радиальном направлении больше, чем в тангенциальном, в 1,9–3,2 раза. Значительное влияние на способность древесины перемещать влагу оказывает температура. При увеличении температуры с 18°С до 52°С коэффициент влагодпроводности в радиальном направлении возрастает от $(1,22-1,23) \cdot 10^{-6}$ см²/с до $(5,04-6,33) \cdot 10^{-6}$ см²/с, т. е. в 4 – 5 раз.

Следовательно, процесс прогрева древесины характеризуется неравномерным распределением влаги по толщине пиломатериалов. В результате испарения влаги из поверхностных слоев древесины возникает перепад влажности по толщине сортимента. При неравномерном распределении влаги внутри древесины происходит ее движение в направлении пониженной влажности. Влага перемещается внутри материала под воздействием перепада влажности или градиента влагодсодержания по объему материала. Движение влаги также будет происходить, если существует перепад температуры (градиент температуры) по объему пиломатериала. Это движение будет происходить в сторону пониженной температуры. Чем выше температура древесины, тем выше ее влагодпроводность за счет снижения вязкости влаги в капиллярах. В период прогрева пиломатериалов под воздействием перепада температур возникает интенсивный поток влаги от более горячих зон к более холодным даже в тех случаях, когда холодная зона оказывается более влажной.

Полученные значения коэффициентов влагодпроводности могут быть использованы для расчетов продолжительности процессов прогрева при промышленных способах сушки, а также для разработки рациональных режимов нагревания древесины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рудак О.Г., Снопков В.Б. Исследование влагодпроводности древесины сосны в различных структурных направлениях / Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2010. – Вып. XVIII.
2. Лыков, А. В. Методы определения теплопроводности и температуропроводности / А. В. Лыков. – М.: Энергия, 1973.
3. Серговский, П. С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П. С Серговский, А. И. Рассев. – М.: Лесная пром-сть, 1987.

УДК 674.047.3

А. И. Медвецкий, студ.; И. К. Божелко, доц., канд. техн. наук;
Д. П. Бабич, ст. преп; А. А. Коновалова, мл. науч. сотр.
(БГТУ, г. Минск)

СУШКА УПАКОВОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ НАТУРАЛЬНОГО ШПОНА

Проблема сушки упаковочных изделий из шпона заключается в том, что сушить изделия необходимо в собранном виде. Ранее указанная проблема накладывает такое ограничение, как невозможно использовать классические сушилки для шпона. Следствие ограничения – необходимость разработать камеру и режимы сушки в ней.

Необходимость сушить изделие из шпона обусловлено тем, что если собирать изделие из сухого шпона, то в местах изгиба заготовки произойдет излом заготовки упаковки из шпона, поэтому упаковка собирается из влажного шпона.

Сама же сушка изделия необходима для исключения таких негативных факторов как коробление, а также грибные поражения.

Для начала разработки камеры необходимо было определиться с ее габаритами, они обуславливались требуемой производительностью, устанавливаемым оборудованием, а также условием установки камеры в цеху.

После проведения необходимых расчетов были получены следующие данные:

- габариты штабеля: $L_{ш} \times H_{ш} \times B_{ш} = 4,88 \times 2,2 \times 1,72$ м;
- габариты камеры: $L_{к} \times H_{к} \times B_{к} = 5,88 \times 2,2 \times 2,72$ м.

Выбор вентилятора производился по габаритным характеристикам и требуемой производительности. Был выбран вентилятор ADW-800[1].

Для нагрева воздуха были приняты к установке электрокалориферы. Исходя из требований был выбран калорифер СФО-160 [2]. Электрокалорифер упрощает эксплуатацию камеры тем, что не требуется подвод к оборудованию горячей воды или пара, что в свою очередь не требует ни котельной, ни трубопроводов. Так же достаточно просто можно осуществлять управление тепловой мощностью калорифера за счет простого отключения ТЭНов.

Собрав достаточное количество данных, а именно габаритные размеры камеры, размеры штабеля и оборудования, приступаем к проектированию и моделированию. Отдельно вычерчиваем стенки камеры и собираем «коробку». Получив очертание камеры, готовим

модель штабеля, панель для установки вентиляторов и калориферов. Но прежде, чем говорить о самой модели надо разобраться что же такое SolidWorks.

Для продувки мы используем модуль FlowSimulation. SOLIDWORKS FlowSimulation – это интуитивно понятное решение для вычислительной гидродинамики (CFD), встроенное в SOLIDWORKS 3D CAD, которое позволяет быстро и легко моделировать потоки жидкости и газа вокруг ваших конструкций для расчета производительности и возможностей продукта [3].

Анализируя полученные результаты при продувке, возможно за счет применения дополнительных решений, оптимизировать модель камеры. Таким образом сведя к минимуму завихрения в камере, для обеспечения соблюдения режимов сушки.

Для достижения требуемого результата, а именно получение сухого изделия из шпона необходимо разработать режим сушки изделия. Для этого необходимо определить продолжительность цикла сушки, который был получен путем опытной сушки партии корзинок в климатокамере.

Итогом данной работы является оптимальная модель сушильной камеры для изделий из шпона, а также получен режим сушки упаковки из натурального шпона в разработанной камере.

ЛИТЕРАТУРА

1. ADW [Электронный ресурс] / Компания ООО «Белтехком» – Режим доступа: <http://www.btcvent.ru/catalog/osevye-ventilyatory/ventilyatory-dlya-sushilnykh-kamer/adw/>.

2. Электрокалориферы СФО. Производство и продажа [Электронный ресурс] / Предприятие ООО Т.С.Т. – Режим доступа: <http://zao-tst.ru/elektronagrevateli.html>.

3. SOLIDWORKS Flow Simulation [Электронный ресурс] / Dassault Systems SolidWorks Corporation – Режим доступа: <https://www.solidworks.com/ru/product/solidworks-flow-simulation>.

4. Серговский, П. С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П. С Серговский, А. И. Рассев. – М.: Лесная пром-сть, 1987.

5. Лыков, А. В. Методы определения теплопроводности и температуропроводности / А. В. Лыков. – М.: Энергия, 1973.

МЕБЕЛЬНЫЙ ПУСТОТЕЛЫЙ ЩИТ С СОТОВЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ

Одним из важнейших показателей мебельного производства является материалоемкость мебельных изделий. Решение этой проблемы осуществляется различными путями – конструкционными, технологическими, организационными. Среди них важную роль играют конструкции мебельных щитов с заполнением среднего слоя ячеистыми сотами. В качестве облицовочных материалов применяются ДВП, МДФ, фанера, сдвоенные слои лущеного шпона, в качестве внутреннего слоя – ячеистые наполнители (соты) из бумаги, бумаги в сочетании с лущеным шпоном, различных полимерных материалов, картона, тонких плитных материалов. В Беларуси изготавливают ячеистые материалы из бумаги на Светлогорском ЦКК.

Целью проводимых на кафедре технологии и дизайна изделий из древесины является установление оптимальных допустимых нагрузок на пустотелые щиты с сотовым наполнителем из бумаги.

Мебельные щиты с ячеистым наполнителем должны иметь прочность, обеспечивающую эксплуатационные нагрузки изделий мебели. В таблице 1 приведены допустимые нормы нагружений изделий мебели. Все располагаемые предметы в мебели для хранения вызывают сжатие в направлении, перпендикулярном плоскости щитов [1].

Таблица 1 – Нормы нагружения изделий корпусной мебели при определении на устойчивость и прочность оснований (по ГОСТ 19962)

Элементы изделий	Удельная нагрузка		
	даН/м	даН/м ²	даН/м ³
Полки для головных уборов и др. мелких предметов, полки и ящики в прикроватных и туалетных тумбах	–	20	60
Полки для белья и посуды	–	60	–
Полки и ниши для книг	–	120	–
Двери секретеров с горизонтальной осью вращения	–	40	–

Наибольшую нагрузку в изделиях корпусной мебели воспринимают книжные полки (120 даН/м²). Можно принять, что остальные элементы изделий мебели воспринимают 50% нагрузки книжных полок.

Проведены исследования по определению оптимальных размеров сот сотовых наполнителей и допустимых нагрузок и напряжений в пустотелых мебельных щитах с сотовым наполнителем из непропитанной бу-

маги для гофрирования марки Б-0 толщиной 0,22 мм плотностью 110 г/м², с обшивками щита из ДВП толщиной 3,0 мм плотностью 804 кг/м². Испытания проводились согласно матрице В-плана (таблица 2) [2].

Таблица 2 – Матрица планирования и результаты реализации эксперимента

Номер опыта	Нормализованные факторы		Натуральные факторы		Разрушающая нагрузка, кг	Предел прочности при смятии $\sigma_{см}$, кг/см ²	Коэффициент запаса прочности	Допустимый предел прочности $[\sigma_{см}]$, кг/см ²
	X1	X2	размер ячейки	высота ячеек				
1	-1	-1	15	15	117	0,52	3	0,17
2	+1	-1	35	15	62	0,27	3	0,09
3	-1	+1	15	35	86	0,38	3	0,13
4	+1	+1	35	35	45	0,20	3	0,07
5	-1	0	15	25	105	0,47	3	0,15
6	+1	0	35	25	53	0,24	3	0,08
7	0	-1	25	15	68	0,30	3	0,10
8	0	+1	25	35	59	0,26	3	0,087

В соответствии с допустимой нагрузкой на книжные полки (наиболее нагруженная часть мебели) – 120 кг/м² напряжение сжатия в полке может быть величиной 0,12 кг/см². Коэффициент запаса прочности ячеек сотового заполнения уже учтен в допускаемой нагрузке (таблица 2) [3]. Следовательно, сотовое заполнение, выполненное из бумаги не ниже марки сорта Б-0, может использоваться в пустотелых щитах при размерах сот: высотой 35 мм и менее при размере ячеек не более 15 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Наливко Е. В. Расчет прочности щитов с бумажным сотовым наполнителем / С. В. Шетько, А. В. Спиглазов, Е. В. Наливко. – Архитектура и строительные науки – 2010 – №1 – С. 58-61.
2. Рудицын, М. Н. Справочное пособие по сопротивлению материалов: изд. третье, перераб. и дополн. / М. Н. Рудицын, П. Я. Артемов, М. И. Любошиц. – Минск: «Вышэйшая школа», 1970. – 630 с.

Д. П. Бабич, ст. преп.;
И. И. Веретиков, ассист.; Д. Г. Данилов, студ.
(БГТУ, г. Минск)

УЧЕТ ФОРМЫ БРЕВЕН ПРИ ИХ СОРТИРОВКЕ ПЕРЕД РАСПИЛОВКОЙ

Целью исследования является изучение того, как влияет форма бревен на объемный и сортовой выходы пиломатериалов. Исследования проводились на базе лесопильного цеха ИООО «Swoods Export». Все сырье, поступающее на предприятие, проходит сортировку на автоматической сортировочной линии Некотек. Качество и линейные размеры лесоматериала определяются путем сбора и обработки данных, полученных при прохождении бревна через сканирующее устройство «ВЕКТОР.3D». Одним из критериев при сортировке бревен является их кривизна. Часто при распиловке бревен, имеющих значительную кривизну, не удается получить доски, которые должны быть получены исходя из расчета постава. Поэтому такие бревна отбраковываются и в дальнейшем либо перерабатываются на технологическую щепу или раскряжёвываются на бревна меньшей длины. Нами был исследован еще один вариант использования таких бревен, а именно, переводить их в смежную группу с меньшим диаметром.

Исследования проводили для бревен диаметром 23 см. Всего было сделано пять выборок бревен с различными параметрами (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика выборок бревен

№ выборки	Диаметр (см) с кривизной (%) входящие в выборку
1	Диаметр 23 кривизна (0-0,5)
2	Диаметр 23 кривизна (0,6-1)
3	Диаметр 23 кривизна (1,1-1,5)
4	Диаметр 24 кривизна (0,6-1)
5	Диаметр 25 кривизна (1,1-1,5)

Затем все эти бревна были распилены по одному поставу. После распиловки, при помощи сканирующих устройств линии сортировки Prologic и Finscan, измеряли размеры, объем и сорт полученных при распиловке досок. Затем анализировали полученные данные.

Анализ полученных результатов показал следующее. При увеличении диаметра входящего на пиление лесоматериала совместного с увеличением его кривизны, объемный выход пиломатериала уменьшается (объем бревна увеличивается, а объем пиломатериала остается не изменой), но при этом увеличился процент досок высшего сорта, что позволило повысить стоимость этих досок и добиться требуемого уровня рентабельности процесса лесопиления.

УДК 630*81 (047.31)

Е.В. Чесновский, асп., маг. техн. наук;
И. Г. Федосенко, доц., канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВОВ И ВЕЩЕСТВ НА ПОРИСТУЮ СТРУКТУРУ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ДЕСТРУКТИРОВАННОЙ АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДРЕВЕСИНЫ КОНСТРУКЦИЙ

Древесина и выпиленные из нее изделия и материалы в силу своего анатомического строения являются пористым гигроскопическим материалом [1]. При длительной эксплуатации в изменяющихся температурно-влажностных условиях она подвергается разрушению насекомыми, моллюсками, деревоокрашивающими и деструктурирующими грибами, микроорганизмами. Древесина так же повреждается при механических воздействиях.

К исторической древесине относят древесину из археологических раскопов, затонувших судов, памятников деревянного зодчества или иных конструкций, которые представляют историческую и культурную ценность.

Сохранение памятников древнего зодчества – это сохранение нашей культуры и одна из важнейших задач [2]. Упрочнение деструктурированной археологической древесины имеет свои специфические особенности и требует пристального изучения влияния различных составов и веществ на ее внутреннюю структуру.

Прежде всего это связано с тем, что археологическая древесина, пролежавшая в культурном слое или в воде в течение столетий, не является уже собственно древесиной, т.к. в ней происходят значительные химические и структурные изменения. Рассмотрим, какие же составы и вещества, могли бы помочь упрочнить и обеспечить долговременную сохранность деструктурированной древесины конструкций.

Введение в структуру древесины полимерных волокон, например, полипропилена длиной до 100 мм может способствовать увеличению физико-механических свойств разрушенной древесины [3]. Сцепление волокон с древесиной будет носить механический характер, что может способствовать повышению прочности на изгиб и растяжение, повысить трещиностойкость, и ударную прочность.

Введение гранул вспенивающегося полистирола в пористую структуру древесины может дать возможность получения свойств пенопласта, которые будут работать как теплогидроизоляционный материал.

Гидрофобные добавки, к которым относятся: абиетат натрия (омыленная еловая смола) и мылонафт (натриевое мыло из отходов очистки дистиллятов нефти), после твердения, могут позволить придать структуре древесины большую прочность и водостойкость.

При пропитке древесины метилметакрилатом предел прочности древесины при сжатии вдоль волокон возрастает в 3 раза, поперек волокон – в 4 – 6 раз и ее истираемость снижается вдвое. При пропитке древесины фенолоспиртами (до 50 – 55%) предел прочности возрастает в 3 раза, достигая 180 МПа [4].

Из полимеров для пропитки могут быть применены ПБМА, ПВА, сополимеры стирола с акрилатами. Растворы этих полимеров имеют различную проникающую способность, укрепляющий эффект достигается при введении 25 – 30% полимера к массе древесины.

Для исследований укрепления деструктурированной древесины необходимо применять раствор частично гидролизованного тетраэтоксисилана (этилсиликат 40) или алкилалкоксисилана в смеси растворителей циклогексанол, этиленгликоль и тетралин с добавлением воды. Представленные взаимосмешивающиеся органические растворители и вода обеспечивают глубинную пропитку влажных пористых строительных материалов, и способствуют медленному отверждению смеси, при котором образуется равномерная полимерная матрица.

Жидкостекольные композиты отличаются высокими прочностными характеристиками – жаро-, огне-, кислотостойкостью. Композиты на основе жидкого стекла по технологии прессования помогают снизить линейную усадку до 0,26 – 1,52%. Водопоглощение таких материалов составляет до 2,4%, средняя плотность 3830 – 4245 кг/м³, прочность при сжатии 26,8 – 49,5 МПа, прочность при изгибе 6,1 – 11,5 МПа, линейный коэффициент ослабления гамма-излучения 0,240 – 0,325 см⁻¹.

Эффект заполнения пор, создаваемый микрокремнеземом, может способствовать значительному уменьшению пористости и проницаемости деструктурированной древесины.

Упругость наноцеллюлозы примерно на 15% превышает упругость кевлара и равна упругости углеводородных волокон. По

прочности на разрыв кевлар уступает более чем вдвое, так же, как и углеволокно.

Хитозан упоминается в литературе по консервации, но в основном указывает на то, что он не может защитить свежую древесину от грибкового поражения.

Одним из наиболее интересных аспектов хитозана, является не только его укрепление древесины, но и его способность связывать ионы металлов и, таким образом, предотвращать их каталитическое воздействие на процессы разложения. Это может значительно увеличить срок службы как самой разрушенной древесины, так и любых других полимеров, потенциально используемых для ее укрепления.

Некоторые из полимеров, используемых для консервации для будущей демонстрации в музейной среде, не выдержат условий во внешних зданиях. Это означает, что хитозан может быть приемлем для музейного использования.

Первоначальные исследования с хитозаном, показали, что при добавлении 2% хитозана от 0,1 М уксусной кислоты, раствор полностью проник в маленькие кусочки археологической древесины за две недели. Таким образом, хитозан потенциально является хорошим консолидатором для археологической древесины [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Корусенко М. А., Тихонов С. С., Харинский А.В. Интеграция археологических и этнографических исследований: сборник научных трудов: в 2 т. Иркутск: ИрГТУ, 2013. Т. 2. – 310 с.
2. Горшин С. Н., Максименко Н. А., Горшина Е. С. Защита памятников деревянного зодчества. М.: Наука, 1992. –279 с.
3. Пауль Э. Э., Кухта В. Н. Зависимость механических свойств древесины от ее плотности // Лесное и охотничье хозяйство. 2011. № 10. С. 20 – 23.
4. Древесина. Метод определения предела прочности при статическом изгибе: ГОСТ 16483.3-84. Введ. 01.07.85. М.: Издательство стандартов, 1999. – 7 с.
5. Mikkel Chr. Developing new consolidants for archaeological wood. Department of Chemistry Faculty of Mathematics and Natural Sciences and Museum of Cultural History University of Oslo., 2013. – 207 p.

УДК 667.635:674.21

С.В. Шетько, доц., канд. техн. наук;
Л.В. Игнатович, доц., канд. техн. наук;
С.С. Гайдук, доц., канд. техн. наук;

А.С. Чуйков, ст. преп., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В технологических процессах отделки важно контролировать розлив лакокрасочных материалов по поверхности древесины, так как от этого параметра зависит скорость растекания составов и равномерность формируемых покрытий.

Для определения реологических свойств защитно-декоративных покрытий использовали вискозиметр FungilabExpert L.

Представленный вискозиметр состоит из измерительной ячейки, которая представляет собой систему двух коаксиальных цилиндров. Лакокрасочный материал помещали в кольцевой зазор между цилиндрами, который является небольшим (2%) по сравнению с радиусами цилиндров. Наружный неподвижный цилиндр, имеющий радиус R , выполнен в качестве измерительной емкости. Для поддержания температуры термостатируемую ячейку подключали к жидкостному термостату Grant, который поддерживал требуемую температуру. Внутренний цилиндр радиусом R' и длиной L приводили во вращение с постоянной угловой скоростью Ω . Его соединяли через измерительный вал с цилиндрической винтовой пружиной, отклонение которой является мерой для вращающего момента M , действующего на внутренний цилиндр. Отклонение пружинного элемента измеряли потенциометром, включенным в мостовую схему. Изменение тока, протекающего по диагонали мостовой схемы, пропорционально вращающему моменту M пружины.

Напряжение сдвига τ на внутреннем цилиндре в этом случае выражается формулой:

$$\tau = \frac{M}{2\pi LR'^2}. \quad (1)$$

Скорость сдвига γ на внутреннем цилиндре для малого кольцевого зазора определяется по формуле:

$$\gamma = \frac{2\Omega R^2}{R^2 - R'^2}. \quad (2)$$

Для проведения испытаний было приготовлено несколько модифицированных лакокрасочных составов. В исходный состав

акриловых водно-дисперсионных лаков отечественного производства («МАВ» BRAVA ACRYL 41 и «АкваЛид паркет») вводили необходимое количество добавки TROYSOL LAC и тщательно перемешивали в течение 10 мин.

В ходе исследования установлены кривые течения лаков в диапазоне скоростей сдвига 3–1312 с⁻¹ при температуре 20°С. Относительная погрешность в определении τ не превышала 4%, в определении γ – 1%.

Согласно полученным результатам наблюдалось снижение эффективной вязкости с ростом скорости сдвига, особенно существенное для лака BRAVA ACRYL 41, лаки проявляют неньютоновское поведение. Для описания реологического поведения лакокрасочных составов подходит модель Гершеля – Балкли

$$\tau = \tau_y + k\dot{\gamma}^n, \quad (3)$$

где τ_y – предел текучести, k – коэффициент консистенции, n – индекс течения.

Для лака «АкваЛид паркет» параметры модели $\tau_y=0$, $k=0,122$ кг/(м·с^{1,1}), $n=0,9$. Для лака BRAVA ACRYL 41 $\tau_y=2$ Па, $k=13,3$ кг/(м·с^{1,81}), $n=0,19$. В диапазоне скоростей сдвига 5,4–1312 с⁻¹ для лака «АкваЛид паркет» и 9–1312 с⁻¹ для лака BRAVA ACRYL 41 отклонение рассчитанных по формуле (3) величин напряжения сдвига от измеренных не превышает 6%.

Можно также отметить, что при малых скоростях сдвига лак BRAVA ACRYL 41 имеет на порядок более высокую вязкость по сравнению с лаком «АкваЛид паркет», что заметно даже при внешнем осмотре. Однако благодаря его существенной псевдопластичности при интенсивном сдвиге эффективная вязкость снижается. При скоростях сдвига более 700 с⁻¹ лак «АкваЛид паркет» дает более высокие значения напряжений сдвига.

Таким образом, в ходе эксперимента установлен вязкопластичный характер течения лакокрасочных материалов. Возникновение структуры, препятствующей течению при малых напряжениях сдвига, уменьшает оседание пигментов и наполнителей, а также предотвращает образование потеков при нанесении лакокрасочных материалов на вертикальные поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1 Пластмассы. Смолы жидкие, эмульсии или дисперсии. Определение кажущейся вязкости по Брукфильду: ГОСТ 25271–1993. – Введ. 01.01.95. – М.: Межгос. изд-во стандартов, 1994. – 12 с.

УДК 674.8: 676.021.8

С.П. Трофимов, доц., канд. техн. наук; В.И. Шафранский, студ.
(БГТУ, г. Минск)

УСЛОВИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДВИЖНОСТИ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СЛОЯ ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

В процессах перемещения, бункеровки и складирования необходимо определять условия достаточные для обеспечения движения или неподвижности слоя измельченной древесины (ИД), сыпучих материалов с ее включением или продуктов измельчения композиционных материалов, полученных на ее основе. Отсутствие соответствующей информации создает определенные трудности в принятии надежных конструктивных и проектных решений, особенно в условиях применения на производстве новых видов материалов из древесины и методов ее обработки.

Следует отметить активизацию, в последнее время, исследований по установлению физико-механических показателей ИД, появление новых стандартов по дисперсным характеристикам аэрозолей, взвесей и их определению, а также значительное количество публикации в рассматриваемой предметной области, особенно посвященных вопросам бункеровки и кучевого хранения сыпучих материалов.

Например, в [1] дано описание опытных установок и представлены результаты теоретических и экспериментально-аналитических исследований цилиндрических бункеров с целью предотвращения сводообразования при движении частиц ИД и интенсификации некоторых технологических процессов. В статье [2] приведены сведения о влиянии температуры и влажности на угол естественного откоса древесных сыпучих материалов.

Для проведения исследований нами были изготовлены специальные лабораторные установки (стенды), которые позволили получить экспериментальные данные о подвижности слоя ИД при скольжении по наклонной плоскости и подъема осевшего материала в горизонтальном воздуховоде.

В результате экспериментов были получены данные о минимально необходимых углах наклона опорной поверхности скольжения гравитационных спусков обеспечивающих движение ИД. Опытные работы были проведены для нескольких видов (стружка фрезерования, опилки, пыль) и пород (сосна, береза, бук, дуб) ИД, как продукта механической обработки древесины и древесных материалов (фанера и плиты МДФ).

Для указанных сыпучих материалов были также экспериментально определены значения минимально необходимой скорости воздушного потока в горизонтальном трубопроводе, как критическом условии дви-

жения или оседания ИД. Полученные данные могут быть учтены при проектировании установок аспирации, пневмотранспорта, оборудования в их составе (например, уловителей материала) и систем очистки воздуховодов.

Условия проведения опытных работ по определению угла наклона опорной поверхности гравитационного спуска, обеспечивающего скольжение слоя ИД: лабораторная установка с регулированием угла наклона плоской опорной поверхности (оцинкованная сталь, ГОСТ 14918–80), точность замера – 1 град., толщина испытываемого слоя ИД (влажностью около 10%) – около 10 мм, температура и влажность среды близкие нормализованным ($20\pm 2^\circ\text{C}$ и относительная влажность воздуха $65\pm 5\%$, ГОСТ 23431–79).

Определение минимальной скорости воздуха достаточной для подъема и уноса слоя (около 10 мм) ИД осевшей в горизонтальном осуществлялось в стеклянном не склонном к электризации трубопроводе (ГОСТ 8894–2018) с внутренним диаметром 55 мм на лабораторном стенде с регулированием воздушного потока шибером. Замер скорости воздуха осуществлялся дифманометром Testo-512 и анемометром Testo-416.

В таблице показаны результаты опытных работ по определению минимального угла наклона опорной поверхности гравитационного спуска обеспечивающего скольжение слоя для нескольких видов ИД и минимальной скорости воздуха достаточной для подъема и уноса слоя этих материалов, осевших в горизонтальном трубопроводе.

Таблица 1 – Результаты определения условий подвижности слоя ИД

Вид и источник измельченной древесины	Средние значения начала движения слоя измельченной древесины	
	угол наклона скольжения, град.	скорость воздушного потока, м/с
Стружка, сосна, группа станков	38,2	–
Стружка, бук, группа станков	38,0	8,7
Стружка, сосна, 4-сторонний станок	36,6	–
Опилки, сосна, станок WКС	38,3	10,2
Опилки, дуб, группа станков	34,3	10,5
Опилки, сосна, круглопильный станок	38,3	–
Опилки, сосна, шипорезный станок	38,5	7,8
Пыль шлифования, дуб, станок	43,1	9,6
Пыль шлифования фанеры, береза, станок	42,5	3,5
Пыль шлифования, МДФ, станок форматный	45,3	12,0
Дробленка – смесь отходов, дуб, дробилка	31,3	12,2

Из приведенных в таблице данных можно сделать следующие выводы; мелкие пылевидные частицы требуют наиболее высокого

значения угла наклона опорной плоскости гравитационного спуска скольжения. Это необходимо учитывать при решении практических задач транспортирования без затрат энергии и бункеровки ИД.

При экспериментальном определении минимальной скорости воздушного потока в трубе достаточной для подъема и начала движения слоя осевшей ИД получены несколько противоречивые результаты, которые указывают на необходимость продолжения исследований. Помимо пневмотранспорта эти даны могут быть использованы также при рассмотрении вопросов ограничения скорости движения тягового органа механических транспортирующих устройств, например, ленточных конвейеров.

Интересно сопоставление значений минимального угла наклона плоскости, обеспечивающего гравитационное скольжение ИД, и угла естественного откоса этих сыпучих материалов в спокойном состоянии при складировании, которые приведены нами в [3].

В процессе исследований проведены апробация методики и техники проведения экспериментальных работ, определены очередные задачи и направления их продолжения для формирования банка данных свойств и характеристики ИД необходимых при разработке решений по повышению надежности и эффективности функционирования гравитационных спусков, установок аспирации и пневмотранспорта, объектов складирования (бункеровки) сыпучих древесных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Лозовецкий, В.В. Закономерности распределения структурных и физико-механических характеристик засыпок измельченной древесины в бункерах при гравитационном движении / В.В. Лозовецкий, А.А. Шадрин, В.В. Лебедев, Лесотехнический журнал, Том 6, № 3. – Воронеж: ВГЛУ, 2016. – с. 100–108.

2 Бачериков, И.В. Влияние температуры и влажности на угол естественного откоса древесных сыпучих материалов / И.В. Бачериков, Б.М. Локштанов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии: Вып. 217. – СПб.: СПбГЛТА, 2016. – с. 158–165.

3 Trofimov, S. Determination of variability the slope angle of the chipped wood / S. Trofimov, T. Rogoziński. – 11-th International Science Conference «Chip and chipless woodworking processes». – Technical University in Zvolen TUZVO 12–15 september 2018, – Scientific journal. – p. 177–182.

УДК 331.458

В. Н. Сторожук, доц., канд. техн. наук;
О. Б. Ференц, доц., канд. техн. наук; Г. В. Сомар, доц., канд. техн. наук;
В. С. Козар, ассист. (НЛТУ Украины, г. Львов)

ОЦЕНКА РИСКОВ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ В ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

Экономическая эффективность профилактических мероприятий по охране труда состоит, в первую очередь, в повышении дисциплины труда, что способствует повышению технологической дисциплины и, соответственно, создает условия для высокопроизводительной работы и своевременного выпуска качественной продукции.

Учитывая, что деревообрабатывающая отрасль относится к потенциально травмоопасным производствам, успешное внедрение необходимых мероприятий по обеспечению безопасности труда существенно снижает, возможные вследствие случаев травматизма и аварий, потери – материальные, трудовые, репутационные [1].

Законодательством и Республики Беларусь (ст. 17 закона «Об охране труда» [2]), и Украины (ст. 13 закона «Об охране труда» [3]) в обязанности нанимателей вменяется разработка, внедрение и поддержание функционирования системы управления охраной труда, в основе которой лежит принцип управления профессиональными рисками.

Базовым этапом управления рисками является их оценка, в процессе которой устанавливаются факторы, которые могут повлиять на достижение целей, а также осуществляется анализ рисков вероятных последствий.

Существуют разные подходы в оценке рисков, в частности, в ИЕС/ISO 31010:2019 [4] рассмотрено ряд методов оценки общего риска. Оценка риска рассматривается, как процесс, состоящий из следующих этапов: идентификации, анализа и собственно оценки риска.

Локальным случаем оценки рисков в сфере охраны труда выступает оценка рисков на рабочих местах, результатом которой является формирование карт профессионального риска по каждому из рабочих мест с разработкой рекомендаций по снижению вероятности возникновения соответствующих рисков и минимизации негативных последствий их действия.

Для составления карт профессиональных рисков на рабочих местах предлагается алгоритм [5], предусматривающий ряд этапов, приведенных ниже.

Начальным этапом является выявление потенциальных опасностей на конкретном рабочем месте. Исходными данными для этого могут

быть: результаты аттестации рабочих мест и санитарно-гигиенических исследований; материалы внешних и внутренних аудитов по охране труда; характеристики веществ и материалов, которые используются в производственном процессе; информация и материалы, полученные в результате работы оценочной группы; проведение анкетирования работников и тому подобное.

Далее следует выполнить группировку потенциальных опасностей по видам рисков и произвести их анализ. Формирование групп рисков возможно по видам вредных и опасных производственных факторов (ВОПФ), обуславливающих риски (например: физических, химических, биологических и эргономических).

Следующий этап – оценка серьезности последствий, вызванных опасностью (последствия незначительные (легкие), умеренные (средней тяжести), серьезные (тяжелые)). Соответствующая оценка серьезности последствий присваивается, исходя из анализа вероятных последствий в результате проявления опасности.

Далее осуществляется оценка вероятности наступления опасного события (вероятность низкая, средняя и высокая). Критериями, по которым присваивается оценка вероятности опасного события, могут быть признаки вероятности события (событие случается: нечасто и нерегулярно; время от времени, но нерегулярно; случается часто и регулярно) с учетом фактического значения ВОПФ.

Определение значимости риска – следующий этап. С учетом вероятности наступления события и серьезности его последствий определяется значимость (величина) риска в баллах: риск малозначимый (1); малый (2); умеренный (3); значительный (4); недопустимый (5). Решение о значимости рисков означает их такое разграничение, при котором отделяются несущественные.

Далее – принятие решения о необходимости мероприятий по снижению рисков и их очередности. Повышение уровня безопасности рабочего места является постоянным процессом, поэтому сначала необходимо решить наиболее важные вопросы, а затем сосредоточиться на менее значимых проблемах.

Критерием необходимости принятия мероприятий может быть разница в величине рисков, то есть, если риск малозначимый или малый – проведение мероприятий не является обязательным или первоочередным; если риск умеренный, значительный или недопустимый – риск необходимо минимизировать.

Наглядным результатом оценки уровня риска является профиль риска, который может быть представлен в виде сводной таблицы по ви-

дам рисков в соответствии с количеством опасностей и определенных уровней риска [5].

С помощью профиля риска можно определить приоритетные направления работы по обеспечению безопасности и гигиены труда или выделить важнейшие объекты для принятия соответствующих мер.

Завершающим этапом процедуры оценивания рисков является разработка мероприятий по ликвидации или минимизации рисков на рабочем месте.

Эффективность предложенных мероприятий может быть подтверждена только повторным тестированием уровней рисков на рабочем месте после внедрения предложенных мероприятий.

Предложенная процедура оценки профессиональных рисков на рабочих местах в деревообрабатывающей отрасли, включая вышеприведенные этапы, осуществляется с целью:

- избегания рисков;
- оценки рисков, которых невозможно избежать;
- устранения источников рисков.

Оценка профессиональных рисков является важным элементом рискоориентированного подхода формирования системы управления гигиеной и безопасностью труда на деревообрабатывающем предприятии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сторожук В. М. Оцінювання та контроль безпечності промислового підприємства // Науковий вісник: збірн. науково-техн. праць. – Львів: НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.2. – С. 157-161.

2. Закон Республики Беларусь «Об охране труда» [Электронный ресурс] URL: https://kodeksy-by.com/zakon_rb_ob_ohrane_truda.htm (дата обращения 03.01.2020).

3. Закон України «Про охорону праці» [Электронный ресурс] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#n79> (дата обращения 03.01.2020).

4. IEC/ISO 31010:2019. Risk management – Risk assessment techniques [Электронный ресурс] URL: <https://www.iso.org/standard/72140.html> (дата обращения 03.01.2020).

5. Сторожук В.М., Мельников О.В., Яцюк Р.А. Оцінювання ризиків на робочому місці, як елемент ризикоорієнтованого підходу в охороні праці // Технологія і техніка друкарства: збірн. наук. праць. – Київ: НТУУ «КПІ». – 2019. – Вип. 1(63) – С. 35-44.

УДК 674.815

Е.И. Стенина, доц., канд. техн. наук; А.М. Яббаров, асп.
(УГЛТУ, г. Екатеринбург)

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ АКЦЕПТОРОВ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ КОМПОЗИТОВ

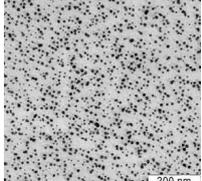
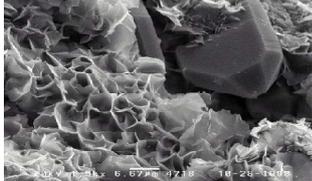
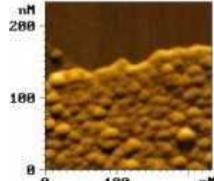
В статье проведен анализ результатов экспериментов по определению физико-механических показателей ДСтП, изготовленных группой студентов на кафедре Автоматизации и инновационных технологий (АИТ) УГЛТУ, под руководством доцента кафедры, к.т.н. Стениной Е.И., с применением коллоидного раствора наносеребра. Определены оптимальные модели послойного внедрения наносеребра в структуру ДСтП в качестве поглотителя формальдегида. В настоящий момент, данная тема является единственной в своем роде, представляя научный интерес и практическую значимость. Применение коллоидных растворов наноразмерных частиц различных металлов существенно улучшают целый ряд эксплуатационных и технологических свойств материалов, которые поднимут качество жизни людей на новый здоровьесберегающий уровень. Данная статья основывается на принципах системного подхода использования обоснованных методов и методик научного поиска, современных средств научного проникновения.

Анализ работ, опубликованных в последние годы, показывает, что многие аспекты нанохимии металлов приобретают все большее значение и в их решении уже достигнут значительный прогресс. У частиц нанометровых размеров обнаружены особые механические, оптические, электрические и магнитные свойства, отличные от свойств обычных макрочастиц [1, 2]. Исследования, проводимые в течение последних десяти лет, показали высокую эффективность применения коллоидных растворов наноразмерных частиц биологически активных металлов в медицине, биологии, ветеринарии и сельском хозяйстве. При этом актуален поиск органических коллоидных дисперсий, стабилизированных поверхностно - активными веществами (ПАВ), пригодных для применения в деревообрабатывающей промышленности, и обеспечение их химической и агрегативной стабильности в процессе синтеза и последующем использовании.

В композиционных материалах целенаправленно изменяются некоторые свойства, приводя к улучшению отдельных характеристик для конкретных направлений использования. Особый интерес вызвало коллоидное наносеребро – продукт, состоящий из наноразмерных частиц серебра, взвешенных в деминерализованной и деионизированной воде. Этот

продукт высоких научных технологий производится электролитическим методом. Наночастицы серебра в поле просвечивающего электронного микроскопа, микрофотографии наночастиц серебра и микрофотографии наночастиц серебра на графите представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Наночастицы серебра

Наночастицы серебра в поле просвечивающего электронного микроскопа	Микрофотографии наночастиц серебра	Микрофотографии наночастиц серебра на графите
		

Типичные наночастицы серебра имеют размеры 10 нм и сферическую форму. Они имеют чрезвычайно большую удельную площадь поверхности, что увеличивает область контакта серебра. Таким образом, применение серебра в виде наночастиц позволяет в сотни раз снизить концентрацию серебра с сохранением всех свойств [3]. Ввиду этого, представляет интерес изучение возможности использования наносеребра в качестве акцептора формальдегида и исследование основных физико-механических свойств модифицированного древесно-клеевого композита.

В качестве защитного средства при испытаниях применялся раствор наноразмерных частиц серебра марки «AgBion-2» концерна «Наноиндустрия». Состав обладает фунгицидными свойствами и не содержит хлорсодержащих и других экологически вредных компонентов, биосовместим и относится к IV классу опасности. Концентрат коллоидного раствора наноразмерных частиц серебра представляет собой подвижную жидкость темно-бурого цвета без запаха. Основным действующим началом материала являются наночастицы коллоидного металлического серебра (Ag), их размер – до 10 нм, а содержание в продукте – 0,27 мг/мл [4].

Опытные образцы плит формировались в лаборатории кафедры АИТ (УГЛТУ). Испытания плит проводились в условиях сертифицированной лаборатории АО «Югра-плит». В ходе работы были сформированы (в соответствии с техническими условиями ГОСТа 10632-2014) трехслойные древесно-стружечные плиты на основе карбамидоформальдегидных смол. Они готовились с добавлением концентрата препарата «AgBion-2» и рабочего 10 %-го раствора коллоидного наносеребра в связующее, а также с предварительным смешиванием рабочего раствора со стружкой. Для контроля были изготовлены плиты без наноакцептора.

Содержание свободного формальдегида в исследуемых образцах (показатель класса эмиссии) определялось в соответствии с ГОСТ 27678-2014, а основных физико-механических показателей – в соответствии с ГОСТ 10634-88. Анализ результатов экспериментов показал: максимальное содержание свободного формальдегида наблюдается у плит без добавления наносеребра (20,58 мг/100 г), которое превышает значение, регламентируемое для класса E2; минимальное значение – у плиты с добавлением концентрата наносеребра в связующие (10,3 мг/100 г), что в 2 раза ниже и близко к регламентируемому ГОСТ 10632-2014 значению для класса эмиссии E1 (4...8 мг/100 г).

Добавление коллоидного раствора наноразмерных частиц серебра «AgVion-2» в связующее, с целью снижения токсичности плит, является перспективным направлением дальнейших исследований. В этом случае разбухание, водопоглощение и содержание свободного формальдегида существенно снижаются.

Технологическое развитие предполагает разработку вариантов долгосрочного научно-технологического прогноза, освоение новых «опорных точек» на мировом рынке высокотехнологичной продукции. Композиционные материалы являются одним из наиболее эффективных видов продукции из древесины на сегодняшний день. А XXI век выберет лидирующими те страны, которые смогут использовать «силу науки» для производства новых видов продукции с высокими показателями полезности. Мы на пороге научно-технологического прорыва (в перспективе в период 2025-2030 гг.) в сфере разработки новых композиционных материалов и их эффективному использованию в экономике РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1 Губин С.П., Юрков Г.Ю., Катаева Н.А. // Наночастицы благородных металлов и материалы на их основе. Москва: ИОНХ РАН. 2006. 155 с.

2 Сергеев Г.Б. Нанохимия металлов // Успехи химии. 2001. Т. 70, № 10. С. 915–933.

3 Фельдблюм В. Ш. «Нано» на стыке наук: нанообъекты, нанотехнологии, нанобудущее/ электронное междисциплинарное издание, Ярославль, 2013. 267 с.

4 Стенина Е.И., Чеснокова Т.Ю., Оберюхтина Н.А., Ваулина И.А. Модифицирование древесно-стружечных плит наноразмерным серебром // Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов: труды БГТУ. 2017. № 1 (192). С. 147

А. А. Барташевич, проф., канд. техн. наук;
Л. В. Игнатович, доц., канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

ТЕПЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА СКЛЕИВАНИЯ СЛОИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Процесс изготовления слоистых материалов из древесины (фанеры, гнукотклееных деталей, слоистых пластиков и др.) включает несколько операций, одной из важнейшей является операция склеивания пакетов в горячем прессу (где осуществляется формирование клеевых соединений).

На качество клеевого соединения, т.е. на прочность, водостойкость, долговечность оказывают влияние такие факторы как: вид клея, его состав, вязкость, удельный расход, температура плит пресса, продолжительность и давление прессования.

Большое влияние на характер образования адгезионно-когезионных связей оказывают режимы склеивания, особенно температура.

Известно, что при склеивании с кондуктивным нагревом тепло от внешнего теплоносителя передается клеевой прослойке через тонкий слой материала, в данном случае – через шпон. Тепло передается кондуктивно благодаря теплопроводности материала.

Определяющим фактором при установлении режимов склеивания являются размеры и теплотехнические характеристики материала (например, лущеного шпона). Необходимое общее время нагрева складывается из времени нагрева материала до наиболее удаленного клеевого слоя и времени, необходимого для отверждения клеевой прослойки. Отверждение клея начинается уже в период прогрева материала, т. е. еще до достижения требуемой температуры.

Расчетный метод определения режимов склеивания основан на экспериментальном определении достигаемой полноты отверждения клея и прочности соединений при различной температуре клеевой прослойки.

Для расчета тепловых параметров процесса склеивания слоистых материалов, рассмотрим случай, когда наружные листы шпона склеиваются с внутренним (трехслойная фанера из шпона толщиной 1,5 мм).

Температура в зоне клеевой прослойки может быть выражена формулой

$$t = t_o + \frac{2K}{1+K} (t_{np} - t_o) \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1-K}{1+K} \right)^{n-1} \operatorname{erfc} \frac{2n-1}{2\sqrt{Fo_1}},$$

где t – текущая температура клеевой прослойки, °С; t_0 – температура окружающей среды, °С; t_{np} – температура на поверхности нагревателей (плиты пресса), °С; K – критерий, характеризующий тепловую активность наружного слоя слоистого материала по отношению ко второму слою, то есть

$$K = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \sqrt{\frac{a_2}{a_1}},$$

где λ_1 и λ_2 – коэффициенты теплопроводности соответственно для наружного и второго слоя, Вт/м·град; a_1 и a_2 – коэффициенты температуропроводности для наружного и второго слоев материала, м²/сек; $erfc$ – обозначение функции ошибок Гаусса с аргументом

$$\frac{2n - 1}{2\sqrt{Fo_1}},$$

Fo_1 – обозначение критерия Фурье для обшивки толщиной R :

$$Fo_1 = \frac{a_1 \tau}{R^2},$$

τ – время, сек; R – расстояние от поверхности шпона до клеевой прослойки.

Для фанеры критерий K близок к 1. Тогда формула значительно упрощается. Рассматриваемую систему тел можно заменить одним полуограниченным телом, соприкасающимся с нагревателем, температура которого постоянна. Формула для определения температуры в клеевой прослойке запишется так

$$t = t_0 + (t_{np} - t_0) \operatorname{erfc} \frac{1}{2\sqrt{Fo_1}}$$

Анализ расчетных и экспериментальных значений температур показал удовлетворительное согласование их между собой в течение всего цикла нагрева.

На основании выше сказанного можно заключить следующее:

- определение величины давления в зависимости от вязкости ($P_{кл}$) и минимальной составляющей ($P_{мин}$) не вызывают затруднений;
- теоретический метод расчета усилий прессования следует использовать в исследовательских целях, при освоении нового, нестандартного оборудования, а также для анализа причин в случае появления отклонений качества склеиваемой фанеры от нормативных требований;
- для практической работы на стандартном оборудовании с плоскими плитами пресса достаточен экспериментальный метод определения общего давления прессования.

УДК 674.11

А. А. Барташевич, проф., канд. техн. наук;

Л. В. Игнатович, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМИЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ НА КАЧЕСТВО СКЛЕИВАНИЯ СЛОИСТЫХ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Деформационные параметры процесса склеивания фанеры связаны с зависимостью давления прессования от различных факторов, которые должны учитываться при разработке технологических режимов изготовления фанеры, фанерных плит или другой продукции слоистых древесных материалов. Деформационные параметры, влияющие на качество склеивания слоистых древесных материалов можно определять экспериментально или расчетным методом. Известно, что поверхность склеиваемых материалов имеет определенный параметр шероховатости, т.е. выступы и впадины (неровности поверхности) и под влиянием усилия прессования (давления) выступы неровностей будут сминаться.

Для устранения неровностей потребуется усилие пресса, величина которого определяется формулой:

$$P = F \cdot \sigma_{см},$$

где F – площадь склеивания; $\sigma_{см}$ – предел прочности при смятии поперек волокон древесины.

Предел прочности при смятии вдоль волокон при температуре 20°C для различных пород древесины равен, например: для березы 58 МПа, для ольхи 45 МПа., а при смятии поперек волокон показатель прочности в 20 раз меньше, чем при смятии вдоль волокон.

При более высокой температуре – 100°C предел прочности необходимо корректировать по следующей формуле

$$t = t_o - K \cdot (t - 20),$$

где K – поправочный коэффициент на температуру [1, табл. 3.3].

С учетом поправочного коэффициента предел прочности при смятии поперек волокон будет равен: для березы – 2,3 МПа, для ольхи – 1,4 МПа.

Таким образом, усилие пресса для устранения неровностей поверхностей шпона при склеивании фанеры, например размером 1600 × 1600 мм (до обрезки) составит для березового шпона:

$$P_{Rm} = F \sigma_{см} = 1600 \times 1600 \times 2,3 = 5888000 \text{ Н} = 588,8 \text{ т}$$

– для ольхового шпона

$$P_{Rm} = F \sigma_{см} = 1600 \times 1600 \times 1,4 = 3584000 \text{ Н} = 358,4 \text{ т}$$

Для создания контакта склеиваемых поверхностей понадобится дополнительное усилие пресса. Его следует принимать – минимальным

($P_{\text{мин}}$), соответствующим давлению величиной до 0,1 МПа. При этом усилии пресса будет равно

$$P_{\text{мин}} = 0,1 F = 1600 \times 1600 \times 0,1 = 256000 \text{ Н} = 25,6 \text{ т}$$

На величину давления кроме размеров и свойств древесины (плотности, шероховатости поверхности шпона) оказывает значительное влияние вязкость клея. При большой вязкости для получения клеевой прослойки требуемой толщины необходимо значительное давление. Зависимость между вязкостью и давлением при склеивании с интенсивным нагревом может выражаться следующим уравнением

$$P = \frac{\mu_{\text{к}} b^2 \cdot 10^3}{2 \cdot 981 \cdot t y_{\text{п}}^2} \approx \frac{\mu_{\text{к}} \cdot b^2}{2 t y_{\text{п}}^2}$$

где P – удельное давление, кгс (1 кгс = 0,1 МПа); $\mu_{\text{к}}$ – вязкость клея в период максимального разжижения, спз; b^2 – ширина склеиваемых пластин, см; $y_{\text{п}}^2$ – требуемая толщина клеевой прослойки, мкм; t – время вязко-текучего состояния, с.

Усилии пресса для формирования клеевой прослойки составит

$$P_{\text{кл}} = PF,$$

$P_{\text{кл}}$ примерно составляет $0,2P_{Rm}$ (т.е. 0,2 усилия прессования для устранения неровностей поверхности шпона)

Общее усилие пресса при склеивании фанеры из березового шпона составит

$$P_{\text{общ}} = P_{Rm} + P_{\text{мин}} + P_{\text{кл}} = 588,8 + 25,6 + (0,2 \times 588,8) = 732,16 \text{ т.}$$

Данное усилие прессования создает давление склеивания – 2,86 МПа.

Общее усилие пресса при склеивании фанеры из шпона древесины ольхи составит

$$P_{\text{общ}} = P_{Rm} + P_{\text{мин}} + P_{\text{кл}} = 358,4 + 25,6 + (0,2 \times 358,4) = 455,68 \text{ т.}$$

Усилии прессования создает давление склеивания – 1,78 МПа

На основании данных исследований можно заключить следующее. Определение величины давления в зависимости от вязкости ($P_{\text{кл}}$) и минимальной составляющей ($P_{\text{мин}}$) не вызывают затруднений. Определение величины давления в зависимости от состояния склеиваемых пластин, величины неровностей, дефектов форм и обработки, особенностей строения древесины, из которой изготовлен шпон (составляющей P_{Rm}) – весьма затруднительно, так как эти факторы не постоянны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боровиков А. М., Уголев Б. Н. Справочник по древесине. – М.: Лесная пром-сть, 1989. – 294 с.

УДК 674.11

А. А. Барташевич, проф., канд. техн. наук;
Л. Г. Билош, магистрант (БГТУ, г. Минск)

НАПРЯЖЕНИЯ В КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЯХ ПРИ СКЛЕИВАНИИ РАЗНОРОДНЫХ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В производственной практике имеется много случаев склеивания между собой древесных материалов разных пород: дуба с березой, с ольхой, березы с ольхой, ольхи с ясенем и др. Такие случаи имеют место при изготовлении фанеры, фанерных плит, пластиков, многослойного паркета, при облицовывании плит шпоном и др.

С изменением влажности древесины изменяется величина ее разбухания, при этом коэффициенты разбухания для каждой породы имеют свои значения. Например, образцы дуба склеиваются с образцами березы. При уменьшении влажности образцов с 12 до 11 % коэффициент объемного разбухания увеличивается в 1,048 раза. А при изменении влажности с 12 до 8 % он увеличивается в 1,24 раза. На границе контакта склеиваемых образцов коэффициент разбухания березы станет равным $0,62 \times 1,24 = 0,768$ (% на один процент влажности), а дуба – $0,52 \times 1,24 = 0,645$. Разность коэффициентов разбухания березы и дуба станет равной 0,123% на четыре процента влажности.

При уменьшении влажности образцы березы стремятся сокращаться интенсивнее, чем дуба, так как коэффициент ее объемного разбухания выше, чем образцов дуба. На границе клеевого слоя сокращению образцов березы препятствует более медленное сокращение образцов дуба. Древесина березы будет испытывать при этом растяжение, а дуба – сжатие. В клеевом слое будут возникать напряжения скалывания, величину которых можно определить тензометром с помощью тензодатчиков [1–2]. Вторым способом – по диаграмме «деформация - напряжение».

При разнице коэффициентов разбухания (то же – сжатия) величиной 0,124 величина внутренних напряжений будет небольшая (не выйдет за предел пропорциональности), однако всегда будет действовать в сторону уменьшения прочности клеевого соединения.

С увеличением толщины клеевого соединения внутренние напряжения в нем будут возрастать, уменьшая в большей мере прочность склеивания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уголев, Б. Н. Контроль напряжений при сушке древесины. – М.: Лесная пром-сть, 1980. – 208 с.
2. Уголев, Б.Н. Деформативность древесины и напряжения при сушке – М.: Лесная пром-сть., 1971. – 174 с.

УДК 621.9.06-025.13(076.5)(075.8)

Ш. Ф. Турумов, магистрант; Я. Мелибаев, магистрант
(Таш.ГТУ им. А. Каримова, г. Ташкент)

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОДУЛЯ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО СТАНКА

Приведены сведения об особенностях проектирования шпиндель-мотора и его программно-адаптивном управлении, рассмотрены вопросы обеспечения эффективной эксплуатации станка.

Технологические возможности многоцелевых станков в значительной степени определяются приводом главного движения и конструкцией шпиндельного узла. К возможным вариантам привода модуля главного движения современных многоцелевых станков относятся:

- регулируемый электродвигатель совместно с коробкой передач;
- шпиндель-мотор.

В случае применения первого варианта целесообразно использование коробки передач в виде переборного устройства, что позволяет исключать использование зубчатых передач при работе шпинделя в зоне повышенных частот вращения. В частности, по такому принципу построен модуль главного движения многоцелевого токарного станка мод. 160НТ. В качестве коробки передач в данном случае использована двухскоростная планетарная коробка передач наибольшая частота шпинделя составляет 6000 мин^{-1} . Наличие ременной передачи, в качестве последней в приводе, позволяет обеспечить высокую плавность вращения шпинделя.

В данном случае обеспечивается повышенный диапазон регулирования частот вращения шпинделя с постоянной мощностью. Невысокая стоимость привода обусловлена возможностью использования регулируемого электродвигателя постоянного тока.

Реализация второго варианта привода предусматривает применение статора и ротора регулируемого асинхронного электродвигателя, что обеспечивает получение более высоких частот вращения шпинделя, но при меньшем диапазоне регулирования с постоянной мощностью. Увеличение данного диапазона возможно за счет выбора электродвигателя с повышенной мощностью.

Ниже, в качестве примера, приведены сведения о разработанном модуле главного движения токарного станка с ЧПУ для изготовления группы деталей типа «кронштейн». На основе анализа технологических условий использования данного модуля определены основные технические характеристики: $n_{\text{мин}} = 90 \text{ мин}^{-1}$; $n_{\text{макс}} =$

9600 мин⁻¹; номинальная мощность $P_3 = 4,5$ кВт. В качестве аналога принят модуль станка мод.160НТ.

При разработке структуры модуля с учетом известных результатов исследований уточнены алгоритм управления модулем для выполнения требуемых переходов обработки на проектируемом станке:

- изменение ускорения и торможения в процессе пуска и торможения вращательного движения с учетом колебаний шпиндельного узла для сокращения времени переходных процессов и повышения производительности;
- изменение скорости вращения шпинделя и поддержание ее на определенном уровне с учетом оптимальной температуры резания для достижения повышенной стойкости и точности обработки.

С использованием классификации функциональных подсистем станочных модулей определены функциональные подсистемы разработанного модуля, обеспечивающие выполнение установленных алгоритмов управления переходами обработки.

Разработанный модуль отличается от соответствующего модуля станка-аналога наличием подсистем:

- УБ21, ТБ21-подсистем обеспечения управляемого ускорения и торможения с программно-адаптивным управлением, для реализации работы которых необходимы датчик ускорения и датчик колебаний;
- ИС24 – подсистемы изменения скорости резания в процессе обработки, для реализации работы которой необходимы датчик скорости и датчик температуры резания.

Структура модуля главного движения, представляющего собой шпиндель-мотор, показано на рисунке 1.

Для разработанного привода модуля главного движения в виде шпиндель-мотора по требуемой мощности соответствует электрическая часть асинхронного двигателя фирмы SIEMENS серии 1PH7 типа 103-2ND с мощностью $P_3 = 4,5$ кВт. В целях обеспечения повышенного диапазона регулирования с постоянной мощностью принята электрическая часть электродвигателя серии 1PH7 типа 107-2NF с основными характеристиками: $n_{э\max} = 12000$ мин⁻¹; $n_{э\ном} = 1000$ мин⁻¹; $P_{31} = 9$ кВт.

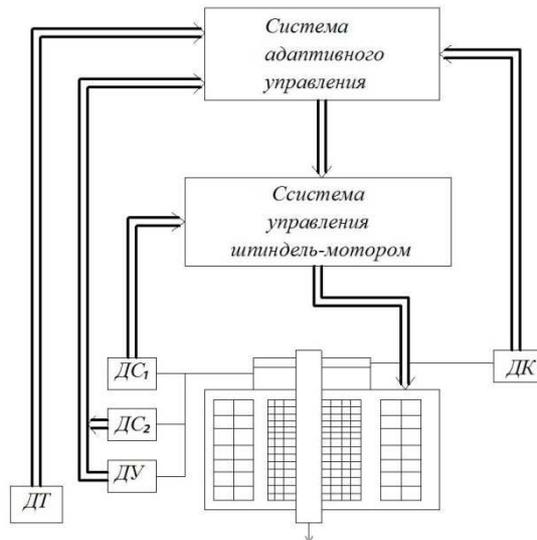


Рисунок 1 – Структура модуля главного движения

На рисунке 2 приведен условный график частот вращения шпиндель-мотора, выполняющего функции привода модуля главного движения. Показаны используемые частоты вращения ротора электродвигателя. Расчетная частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n_p = n_{\text{мин}} \cdot R_n^{0.25}.$$

Она соответствует 289 мин^{-1} .

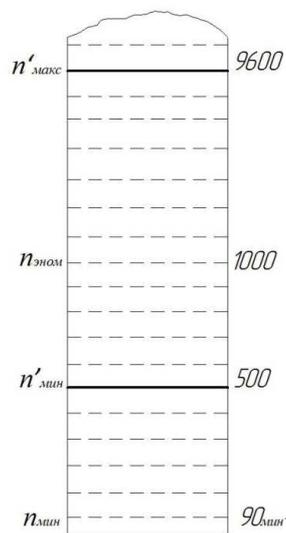


Рисунок 2 – График частот вращения вала шпиндель-мотора

При эксплуатации станка в диапазоне частот вращения шпинделя $n_p - n_{\text{эном}}$ коэффициент падения мощности k_1 обусловлен уменьшенным значением расчетной частоты вращения шпинделя по сравнению с номинальной частотой вращения вала электродвигателя:

$$k_1 = \frac{n_p}{n_{\text{ЭНОМ}}}$$

Для увеличения данного коэффициента принята электрическая часть приводного двигателя с повышенной мощностью

$$k_1 = \frac{n_p}{n_{\text{ЭНОМ}}} \cdot \frac{P_{\text{Э1}}}{P_{\text{Э}}}$$

В данном случае при $P_{\text{Э1}} = 9$ кВт, $k_1 = 0,58$.

Изменение мощности и крутящего момента на валу шпиндель-мотора в зависимости от частоты вращения показано на рисунке 3.

Для принятого двигателя диапазон регулирования с постоянной мощностью увеличивается соответственно степени повышения мощности.

При эксплуатации модуля станка в диапазоне частот вращения шпинделя n_p - $n_{\text{ЭНОМ}}$, которая характеризуется пониженной мощностью, необходимо уменьшение подачи, что приводит к снижению производительности обработки детали.

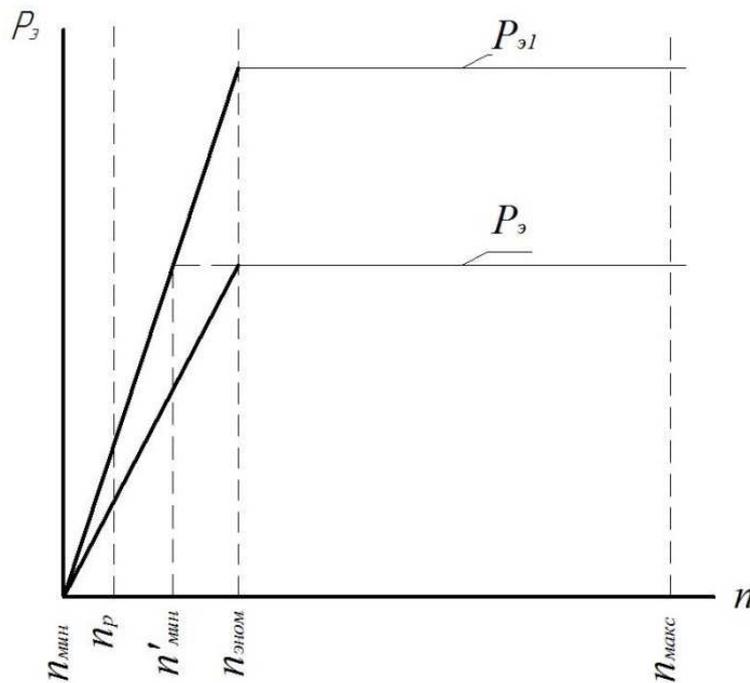


Рисунок 3 – Изменение мощности и крутящего момента на валу шпиндель-мотора в зависимости от частоты вращения

К преимуществам шпинделя с коробкой передач относятся:

- сравнительно низкая стоимость;
- повышенный диапазон частот вращения шпинделя с постоянной мощностью.

Недостатки данного привода:

- ограниченная скорость вращения шпинделя, что обусловлено применением механических соединений, ременной передачи;
- возникновение повышенных вибраций из-за зубчатых передач;
- повышенные габариты привода шпинделя.

Преимуществами шпиндель-мотора являются:

- отсутствие дополнительных устройств передачи крутящего момента, так как шпиндель объединен с двигателем;
- более компактное расположение и меньшие габариты привода;
- повышенные возможности обеспечения высокой частоты вращения шпинделя, что создает возможность расширения группы обрабатываемых деталей и применения высокоскоростной обработки.

К недостаткам шпиндель-мотора относятся:

- небольшая мощность и производительность при обработке деталей с частотой вращения шпинделя ниже номинальной.
- сравнительно большая стоимость.

В данном случае, благодаря адаптации к условиям обработки, достигается повышенная производительность, и точность обработки деталей за счет короткого времени пуска, торможения и оптимальной скорости резания.

Выводы: 1. В случае преимущественного использования станка для силового резания целесообразно использование модуля главного движения с регулируемым электродвигателем постоянного тока и с коробкой передач (переборным устройством).

2. Для высокоскоростной обработки деталей перспективным является применение модуля главного движения в виде шпиндель-мотора с основной эксплуатацией в режиме – с частотой вращения шпинделя, превышающей номинальную частоту, и с адаптацией к условиям работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Металлорежущие станки: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям «Технология машиностроения», «Металлообрабатывающие станки и комплексы» направления подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»; в 2-х т. / под ред. Бушуева В.В. – Москва: МАШИНОСТРОЕНИЕ. 2011. Т.1. – 608 с. Т.2. – 584с.
2. Каталог станков. ОАО НПО «Станкостроение», 2010 г.
3. Подсистема САПР «Шпиндель». МГТУ «Станкин», 2002 г.

УДК 674.05:621.922.02

А.Ю. Юдицкий, студ.; К.А. Жвирбля, студ.;
А.А. Гришкевич, зав. каф. ДОСиИ, канд. техн. наук;
(БГТУ, г. Минск)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ РЕЖИМЫ ШЛИФОВАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

При работе на оборудовании для шлифования происходит потеря режущей способности шлифовального инструмента не в результате округления режущих кромок, а в результате заполнения пространства между зернами продуктами резания, что в значительной мере влияет на производительность процесса, увеличение энергопотребления, ухудшение качества обработанной поверхности [1-5].

Поэтому существует необходимость разработки таких режимов обработки при котором не будет происходить полное заполнение межзернового пространства продуктами резания. Это увеличит её режущие характеристики, а, следовательно, повысит срок её службы до следующей замены инструмента. Так как при шлифовании деталей, остатки продуктов резания из-за своей мелкой фракции не полностью удаляются из межзернового пространства, вследствие чего шлифовальная шкурка теряет свои режущие способности. Это значительно сказывается на качестве обработки и не позволяет достигать высокой производительности.

Цель работы: провести исследования по определению ресурсосберегающих режимов шлифовального оборудования, которые должны отвечать следующим критериям: уменьшению потребляемой мощности; сохранению или увеличению базовой производительности процесса; увеличению периода стойкости шлифовальных лент; отсутствию дефектов обработки на обрабатываемой поверхности.

Процесс шлифования является энергозатратным технологическим процессом. При неправильно установленном режиме шлифования продукты резания могут полностью заполнить межзерновое пространство и в результате этого происходит трение их об поверхность заготовки, результатом чего является увеличение полезной мощности, а в критических случаях, образование дефектов обработки в виде прижогов. На рисунках 1 представлены графики зависимости полезной мощности от длины обрабатываемого материала по экспериментальным данным, подтверждающим увеличение энергопотребления, связанное с заполнением пространства между зернами остатками продуктов резания.

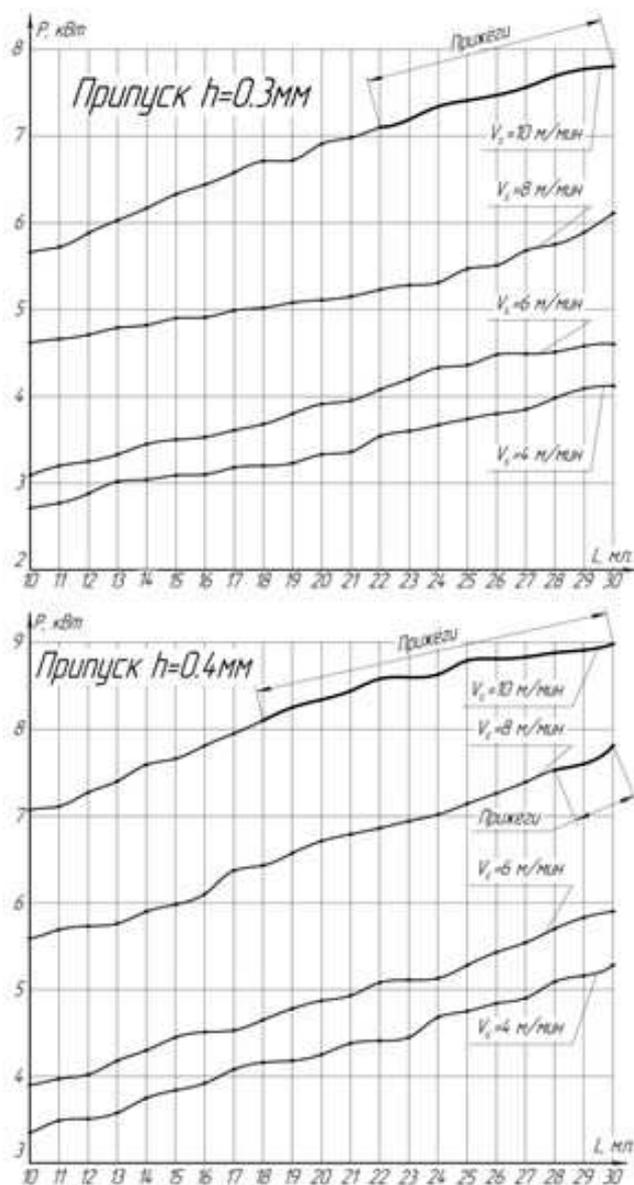


Рисунок 1 – Графики зависимости полезной мощности $P_{\text{пол}}$, кВт, от длины обрабатываемого материала, м. п.

Как видно из графиков, при повышении скорости подачи с 4 м/мин до 6 м/мин не происходит существенное увеличение полезной мощности, а при изменении скорости подачи с 6 м/мин до 8 м/мин и более происходит значительное увеличение полезной мощности. Это свидетельствует о том, что межзерновое пространство полностью заполнено продуктами резания и в результате трения их об поверхность заготовки повышается потребляемая мощность и в критических случаях образуются прижоги.

Также исследования показали, что прижоги при припуске $h=0,3$ мм, начинаются на 22 м.п. при скорости подачи 10 м/мин, а при припуске $h=0,4$ мм прижоги появились на 28 м.п. при скорости

подачи 8 м/мин и на 18 м.п. при скорости подачи 10 м/мин. Это свидетельствует о том, что при данных режимах из-за большого количества образываемойся продуктов резания и под действием большого давления и температуры происходит «налипание» древесных частиц на рабочую часть шлифовальной ленты и вследствие этого она теряет свою работоспособность.

Выводы: Из проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Очистка шлифовальной шкурки от продуктов резания в современном оборудовании не является совершенной, что подтверждается результатами исследования, когда с увеличением пути резания увеличивается мощность шлифования.

2. Потеря режущей способности шлифовальной шкурки происходит в результате заполнения межзернового пространства, а не в результате округления режущей кромки зерна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гришкевич, А.А. Механическая обработка древесины и древесных материалов, управление процессами резания. Лабораторный практикум: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного комплекса» специализации 1-36 05 01 03 «Машины и оборудование деревообрабатывающей промышленности», 1-46 01 02 «Технология деревообрабатывающих производств», 1-08 01 01-04 «Профессиональное обучение (деревообработка)»/ Сост. А.А. Гришкевич, В.Н. Гаранин. – Минск: БГТУ, 2018. – 90 с.

2. Любченко, В.Н. Резание древесины и древесных материалов: Учебное пособие для вузов. –М.: Лесн. Промышленность, 1986г. – 296 с.

3. Гришкевич А.А., Костюк О.И. Методика и результаты исследований по удалению продуктов резания с поверхности шлифовальной шкурки // ДЕРЕВООБРАБОТКА: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды X Межд. евразийского симпозиума. – Екатеринбург, 2015. С. 156–162.

4. Бершадский, А.Л., Цветкова Н.И. «Резание древесины», учебное пособие для студентов вузов по специальности «Машины и механизмы лесной и деревообрабатывающей промышленности»/ Минск, «Вышэйшая школа», №75 – 304 с.

5. Костюк, О. И. Результаты экспериментальных исследований по определению касательной составляющей силы резания при шлифовании древесины / О. И. Костюк // Труды БГТУ. – Минск : БГТУ, 2016. - № 2 (184) 2016 год. – С. 281–284.

УДК 674.055:621.914.3

Д.Л. Болочко, ассист.; В.Н. Гаранин, доц., канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

АДАПТАЦИЯ ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ПРИЗНАКУ

Технологическое направление развития инструментальной адаптации предусматривает приспособливание инструмента на стадии его изготовления под различные технологии механической обработки древесины. Структурную схему инструментальной адаптации на стадии изготовления инструмента представим на рисунке 1.

1. ИЗГОТОВЛЕНИЕ

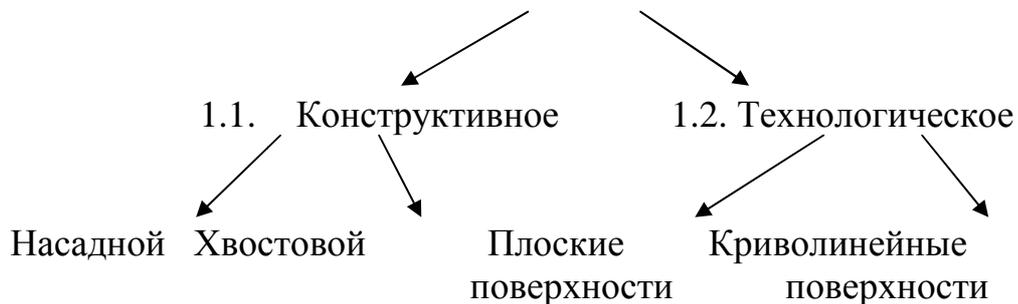


Рисунок 1 – Структурная схема инструментальной адаптации на стадии изготовления

Известно, что методом цилиндрического фрезерования получают плоские и криволинейные поверхности. Рассматривая направление инструментальной адаптации, создание инструмента, предназначенного для получения плоских поверхностей под изготовление криволинейных поверхностей, предлагается рассматривать как технологическое направление развития инструментальной адаптации.

Известно, что для получения криволинейных поверхностей необходимо наличие специализированного инструмента, имеющего профильную поверхность режущей кромки (рисунок 2).



Рисунок 2 – Нож с криволинейной режущей кромкой

Так, для изготовления наиболее распространенного в последнее время блок-хауса используют ножи с дугообразной кромкой, формирующие при работе фигуру вращения в виде вогнутой бочки [1] (рисунок 3, а). Также в настоящее время широко распространен инструмент, имеющий множество прямых ножей по всей поверхности корпуса фрезы, расположенных под углом друг к другу [2] (рисунок 3, б).

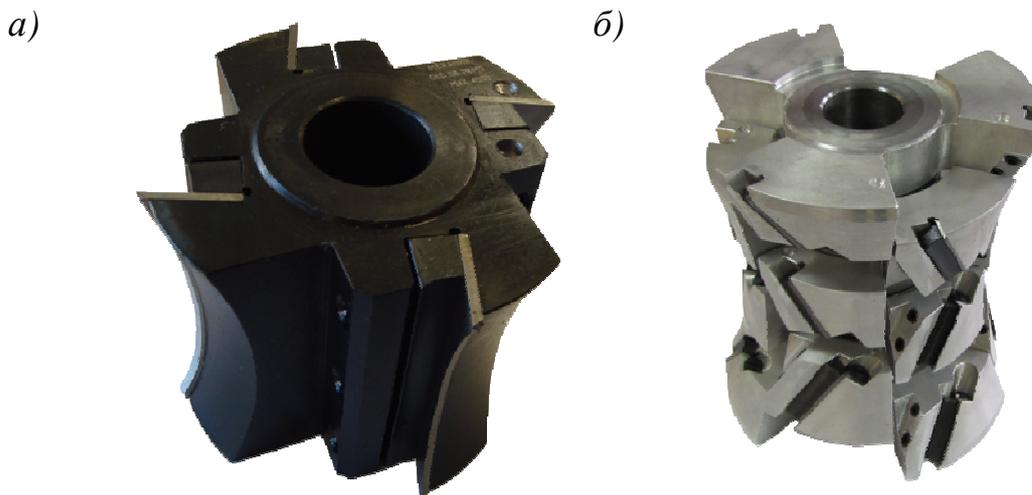
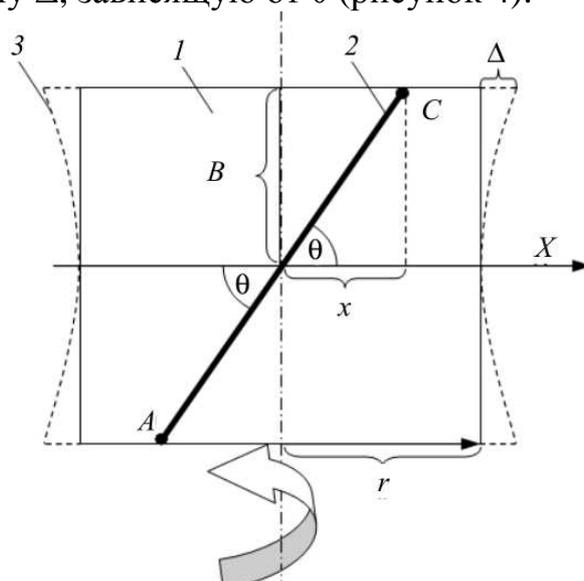


Рисунок 3 – Инструмент для получения криволинейных поверхностей типа «блок-хаус»

Установка прямой режущей кромки под углом θ к направлению подачи (например, используя инструмент, представленный в [3]) приводит к тому, что радиус фигуры вращения, образованной этой кромкой, плавно меняется по ширине обрабатываемого материала на некоторую величину Δ , зависящую от θ (рисунок 4).



**Рисунок 4 – Схема формирования профиля плоским ножом:
1 – корпус фрезы; 2 – режущая кромка; 3 – образующая фигуры вращения**

Чем больше θ , тем больше кривизна образующей формируемой фигуры вращения, и тем больше кривизна сопряженной с ней обрабатываемой поверхности. Δ и θ связаны строгим математическим выражением, поэтому θ легко определить, если задана величина изменения высоты профиля обрабатываемого материала на ширине B . Тем самым, обеспечивает формирование профиля, близкого к параболе [4]. Дуга этой параболы в данном случае очень близка по форме к дуге окружности. В случае же использования обычного инструмента изменение кривизны формируемой поверхности достигается только заменой комплекта ножей и, как правило, фрезы в целом. Заточка ножей с прямолинейной кромкой максимально проста и не требует сложного технологического оборудования. Следует также отметить, что получение радиусных поверхностей прямыми ножами позволяет не только снизить трудозатраты на подготовку и обслуживание инструмента, но также и снизить динамику взаимодействия ножа с древесиной, что в конечном итоге дает возможность использовать более хрупкие материалы в качестве режущих элементов, способных значительно повысить ресурс эксплуатации режущего инструмента, что не мало важно при эксплуатации инструмента, особенно используемого при агрегатной обработке древесины [5].

Таким образом, обеспечивается возможность адаптации одного инструмента под технологию получения профильных поверхностей с различными Δ , путем изменения угла поворота θ .

ЛИТЕРАТУРА

1. Фрезы для деревообработки Самсон (SAMSON), производство г. Каменец-Подольский, 2006 г. – 74 с.
2. Фрезы «Иберус-Киев», производство г. Киев, Украина, 2017 г. – 398 с.
3. Гришкевич А. А., Раповец В. В., Гаранин В. Н. Новая конструкция энергоэффективного фрезерного инструмента с изменяемыми углами передним и наклона кромки для обработки древесных материалов // Вестник БарГУ, выпуск 3 г. Барановичи, 2015 г.
4. Заявка №а20170511 от 28.12.2017г. «Способ изготовления профильных деталей из древесины и древесных материалов с использованием плоских ножей» (Белый А. В., Гришкевич А.А., Гаранин В.Н., Сенько С.Ф.).
5. Гриневич С. А., Раповец В. В., Алифировец Г. В. Исследование затупления двухлезвийного режущего инструмента фрезерно-брусующих станков и его влияние на касательную силу резания // Труды БГТУ. – 2015. – Сер II (175): Лесная и деревообраб. пром-сть. – С. 258–262.

Т.А. Машорипова, ассист.;
А.Ф. Аникеевко, доц., канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ СВЕРЛЕНИИ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Особое значение имеет решение проблемы качества обработки древесины. До последнего времени исследование процесса резания древесины заключалось в большинстве случаев в решении силовых зависимостей и в малой степени раскрывало физическую сущность качества обработки и зависимость его от различных факторов. В то же время производительность обработки диктуется качеством ее – чистотой поверхности. В свою очередь чистота обработки зависит в большой степени от оптимальной геометрии инструмента и качества его подготовки к работе.

Повышение эффективности эксплуатации оборудования при сверлении отверстий в древесно-стружечных плитах, подразумевает системный подход и увеличение качественных и количественных показателей обработки. К количественным показателям относится общее увеличение производительности механической обработки, увеличение стойкости инструмента и сокращение количества переналадок оборудования. К основным качественным показателям можно отнести минимизацию дефектов при сверлении, а также снижение энергопотребления.

Эффективность эксплуатации при сверлении отверстий в древесно-стружечных плитах заключается в бездефектной обработке.

Существующие рекомендации по повышению эффективности оборудования при сверлении плитных материалов, которые связаны с использованием подкладок под нижней и на верхней пластиках плитного материала, надежным закреплением и прижимом заготовок, использование принудительной вытяжной системы во время сверления не исключают появления брака во время механической обработки.

Основными технологическими критериями, влияющими на качество сверления отверстий, выступают правильная геометрия режущего инструмента и грамотное назначение режимов резания. Если геометрические параметры сверл и их влияние на качество обработки изучено предметно, то при назначении режимов резания имеют место существенные трудности. Рекомендуемые производителями базовых материалов и твердосплавных сверл параметры обработки существенно разнятся между собой. Поэтому на реальном

производстве, как правило, режимы резания назначаются инженером технологом исходя из его производственного опыта, что приводит к повышенному расходу режущего инструмента, частым остановкам оборудования и повышенному появлению сколов вокруг кромок, как на входе, так и на выходе сверла из получаемых отверстий.

Интенсификация процессов механической обработки древесины способствует увеличению производительности и уменьшению трудоемкости производства деталей. Решение этой проблемы зависит от оптимальных качеств режущего инструмента, обеспечивающего высокие режимы резания при хорошем качестве и точности обработки.

В связи с тем, что все три слоя отличаются физико-механическими свойствами, возникает необходимость использовать технологические режимы, удовлетворяющие качественной обработке всех трех слоев одновременно. Наиболее сложно выбрать технологические режимы для обработки хрупкого и очень твердого ламината с двух сторон рассматриваемого материала. Неправильно выбранный режим обработки приводит к появлению сколов, что недопустимо. Использование небольших скоростей подачи и большей частоты вращения сверла позволяет избавиться от такого рода брака, но негативно сказывается на производительности оборудования, на период стойкости инструмента и на энергопотреблении.

Таким образом, предлагается спроектировать инструмент в конструкции которого будут использоваться упругие элементы. Данная конструкция сверла позволит реализовать изменение скорости подачи на этапе входа и выхода инструмента из обрабатываемого материала. Изменяя параметры упругого элемента, можно использовать данный инструмент для различных плитных материалов с разным покрытием по толщине и плотности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грубе А. Э. Дереворежущие инструменты / А. Э. Грубе – М: Лесная промышленность, 1971. – 342 с.
2. Бершадский, А. Л. Расчет режимов резания древесины / А. Л. Бершадский. – М.: Высшая школа, 1966 – 176 с.
3. Аникеенко А. Ф., Гришкевич А. А., Гаранин В. Н., Машорипова Т. А., Технологические режимы сверления ламинированных древесностружечных плит обеспечивающие установленное качество // Труды XII международного симпозиума «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века», г. Екатеринбург, 2017. – С. 197–202.

УДК 634.377

М.Н. Пищов, доц., кан. техн. наук,
С.Е. Бельский, доц., кан. техн. наук,
А.И. Сурус, доц., кан. техн. наук,
А.М. Лось, ассист. (БГТУ, г. Минск)

АНАЛИЗ ВИБРОУСКОРЕНИЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ ПЕРЕДНЕГО ВЕДУЩЕГО МОСТА ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА

Исследованиями установлено, что детали трансмиссии трелевочного трактора ТТР-401 при трелевке испытывают повышенные динамические нагрузки на конечные элементы трансмиссии, в частности на конические передачи переднего ведущего моста. Это вызывает необходимость дополнительного упрочнения серийно выпускаемых конических передач переднего ведущего моста трелевочных тракторов ТТР-401 способами, позволяющими получать более высокую микротвердость контактных поверхностей зубьев.

Проведенными практическими исследованиями доказана перспективность использования для упрочнения зубчатых колес трансмиссии трелевочных тракторов процесса боросилицирования с разработанным составом насыщения, при котором наряду с высокой микротвердостью и износостойкостью поверхности образуется упрочненный слой с низкой хрупкостью, что препятствует его выкрашиванию в процессе эксплуатации трелевочного трактора.

В связи с этим организованы сравнительные производственные испытания упрочненных цементацией и боросилицированием конических зубчатых колес переднего ведущего моста трелевочного трактора. Боросилицирование осуществлялось в разработанном составе насыщения (пат. № 11380Респ. Беларусь) при температуре насыщения 950°С и времени насыщения 3–3,5 часа, что способствует образованию упрочненного слоя толщиной 200–250 мкм с поверхностной микротвердостью 11000–12000 МПа. Ограничение номенклатуры деталей трансмиссии, принятых для исследований объясняется, прежде всего, сложностью испытаний их в реальных условиях, связанной с большой продолжительностью процесса эксплуатации, необходимостью практически полной разборки и сборки сложных механизмов для исследования отдельных деталей и существенным непостоянством реальных условий испытаний во времени.

Производственные испытания упрочненных конических колес трелевочных тракторов ТТР-401 организованы в ОАО «Плещеницлес»

и ГЛХУ «Слущкий лесхоз». Основным параметром измерений зубчатых колес являлось виброускорение, которое генерировалось коническими парами при эксплуатации трелевочного трактора. По изменению уровня виброускорений конических пар можно косвенно судить об износе зубчатых колес. При этом увеличение уровня виброускорений зубчатых колес приводит к повышению интенсивности их изнашивания.

Измерение виброускорений конических передач, упрочненных цементацией и боросилицированием, проводилось при наработке трелевочного трактора ТТР-401 в 50 моточасов, что соответствует новым парам и 2700 моточасов. Испытания трелевочного трактора проводились на первой, второй и третьей передачах КПП. В ходе испытаний датчик для измерения виброускорений монтировался к переднему ведущему мосту трелевочного трактора ТТР-401 в месте установки подшипников. Посредством шнура сигнал от датчика передавался к измерительному прибору, виброанализатору ВШВ-003-М2.

При измерении виброускорений конической передачи трелевочного трактора при наработке 2700 моточасов отмечается значительное повышение их уровней, особенно на второй и третьей передачах, для упрочненных боросилицированием пар на 2–3 дБ по сравнению с базовым, в то время как для цементированных зубчатых колес на 9,8–10 дБ. Это свидетельствует о повышенной интенсивности изнашивания цементированных конических зубчатых колес уже в период наработки трелевочного трактора ТТР-401 в 1700–1800 моточасов.

Осмотр зубьев конических колес показал наличие на контактной поверхности пластической деформации, задиров и заедания, что подтверждают полученные результаты измерений уровня виброускорений цементированных зубчатых колес, а также результаты исследований упрочненных образцов и стендовых испытаний.

На зубьях колес, упрочненных боросилицированием видимых изменений контактной поверхности не обнаружено, уровни виброускорений возрастают незначительно, что свидетельствует о возможности длительной эксплуатации конической зубчатой пары. Полученные результаты по состоянию контактных поверхностей зубчатых колес, упрочненных цементацией и боросилицированием подтверждаются опытно-промышленными проверками в ОАО «Плещеницлес».

М.Н. Пишов, доц., кан. техн. наук,
А.И. Сурус, доц., кан. техн. наук,
В.А. Симанович, доц., кан. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ ТРАНСМИССИИ ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА

Работа колесных агрегатных машин на трелевке и вывозке древесины должна производиться комплексно с учетом преобладающих факторов, оказывающих наибольшее влияние и встречающихся чаще в различных условиях их эксплуатации. Основное внимание при работе колесной лесной технике уделяется эксплуатационной надежности, которая моментально не может быть определена машинально в связи с большим количеством факторов объективного и субъективного характера происхождения.

Наука и исследования по эксплуатационной надежности, как прикладная отрасль знаний базируется на фундаментальные, математические и естественные науки. Особое значение для таких научных исследований имеет вопрос о применении математического аппарата, позволяющего осуществлять оценку и прогнозирование эксплуатационной надежности специальных лесных машин. Достоверные методы прогнозирования долговечности основных узлов и деталей лесных машин необходимы для обоснования проекта на стадии проектирования транспортного средства с учетом специфики эксплуатационных условий, а также для решения таких конструкторско–технологических вопросов как:

- выбор оптимальной структуры энергетического агрегата;
- расчет потребности в запасных частях;
- периодичность плановых технических обслуживаний;
- обоснование требований по эксплуатационной надежности сопряженных деталей.

На наш взгляд главная задача прогнозирования состоит в сокращении сроков доводки проектируемых колесных лесных агрегатных транспортных средств за счет комплексного использования информации о результатах расчетов, испытаний, опытов эксплуатации аналогов в настоящем и прошлом. Процесс создания более современных с точки зрения конструкторов лесных машин на протяжении всего исторического пути сопровождается повышением мощности силовой установки, что приводило к увеличению числа деталей от-

дельных систем к критическим по надежности. Все это определяет необходимость совершенствования методик расчетного прогнозирования за счет систематизации ранее выполненных работ и исследований, а также широкого использования статистических данных по результатам эксплуатации машин данной модели и расчетов ресурса на ПЭВМ.

Существует несколько методов для выполнения исследований и расчетов, базирующихся на наличии статистического материала и аппаратно–вычислительного обеспечения самого исследования. В каждом методе есть свои преимущества и недостатки и чтобы избежать их количественного влияния необходимо пользоваться комбинированными методами, объединяющими достоинства основных. Методы расчета основных деталей и узлов специальных колесных лесных машин, заимствованы из автотракторостроения и позволяют с учетом специфики работы оценить динамическую нагруженность, которая и позволяет выйти на прогнозные показатели ресурса работы. В практике расчетных исследований по прогнозированию ресурса обычно преобладают следующие методы:

- прогнозирование по результатам незавершенных эксплуатационных испытаний;
- прогнозирование по результатам ускоренных испытаний на натуральных моделях;
- прогнозирование по результатам испытаний имитационными методами на расчетных моделях;
- прогнозирование ресурса экономико–вероятностными методами.

Источником внешних воздействий для колесных агрегатных машин является трелевочный волок, по которому они транспортируют заготовленную древесину. Основной статистической характеристикой случайного процесса является корреляционная функция, по которой могут быть определены дисперсия и спектральная плотность. Для практической оценки динамической нагруженности необходимо знание дисперсии и спектральной плотности процесса. В последующем была разработана математическая модель колесный трелевочный трактор – пачка деревьев с учетом параметров базовой машины, позволяющая использовать результаты спектрального анализа внешнего воздействия при расчетах динамической нагруженности элементов трансмиссии. Представленная методика определения внешних возмущающих воздействий может быть применена при динамической нагруженности шестерен переднего и заднего мостов.

УДК 621.185.532

А. В. Блохин, доц., канд. техн. наук;
С. Е. Бельский, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)
Adel Abdel Basset Rashid
(Beirut Arab University, Lebanon, Tyre, Ливан)

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСНЫХ АТОМОВ ЗАМЕЩЕНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТАЛОСТИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Полученные ранее экспериментальным путем результаты исследований по влиянию частоты механических колебаний на усталостную долговечность и кинетику целого ряда структурно-чувствительных свойств (микротвердость, кинетику дислокационной структуры, электросопротивление, микродеформацию, амплитудно-временные зависимости рассеяния энергии) большой номенклатуры металлов и сплавов, показывают, что основные признаки усталостного процесса при увеличении частоты колебаний в основном сохраняются: форма усталостной кривой, значения ограниченных пределов выносливости, ориентация зарождающихся и распространяющихся усталостных трещин.

Для теоретического обоснования возможности использования повышения частоты нагружения при исследовании характеристик усталости сплавов на основе алюминия, полученных из вторичного сырья основная задача заключается в выявлении причин количественного различия характеристик усталости, полученных при разных частотах нагружения, и в определении пределов низкочастотной выносливости по результатам высокочастотных испытаний.

Особенности структуры промышленных сплавов, особенно полученных из вторичного сырья, существенно усложняют физическую картину развития процесса усталостного разрушения материала и приводят к необходимости учета взаимодействия дислокаций с атомами примесей. В связи с тем, что многие детали, изготавливаемые с использованием вторичных материалов, работают в условиях повышенных температур (например, поршни и радиаторы) в разрабатываемой модели необходим учет и температурного фактора.

При разработке модели представлено, что в металлическом материале примесные атомы преимущественно являются атомами замещения с радиусами большими, чем атомы основы; так, что они притягиваются к области находящейся под экстраплоскостью и в этих положениях обладают отрицательной энергией связи. Соответственно, при воздействии внешнего упругого напряжения переменного знака

такие атомы будут препятствовать движению сегмента. Это означает, что в подобном рассмотрении значение амплитуды внешнего напряжения эффективно уменьшается. Соответственно дифференциальное уравнение, описывающее малые колебания отрезка в поле заданного знакопеременного напряжения, целесообразно представить в следующем виде:

$$A \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} + B \frac{\partial \zeta}{\partial t} - C \frac{\partial^2 \zeta}{\partial y^2} = \left(b\sigma - \frac{bG\epsilon c_0}{4} \exp\left[\left(\frac{W}{kT}\right)\right] \right) \sin \omega t$$

После ряда преобразований было получено выражение, позволяющее получить значение напряжения внешних знакопеременных сил, отвечающее по сути циклическому пределу упругости, который учитывает влияние температуры и примесных атомов:

$$\sigma = \frac{Gb}{1} \left[\frac{6}{\pi(1-\mu)} \left(1 + \left(\frac{\omega B l^2 \pi(1-\mu)}{4Gb^2} \right)^2 \right) + \frac{l\epsilon c_0}{4b} \exp\left(\frac{W}{kT}\right) \right].$$

Используя полученное выражение, были построены кривые, позволяющие проанализировать частотную зависимость критических напряжений в исследованном частотном диапазоне при различных частотах нагружения и температурах. С ростом частоты внешней знакопеременной силы отмечается рост критических напряжений для исследованного диапазона температур (0-150°C). В то же время, с ростом температуры происходит смещение кривых в область более низких напряжений без изменения формы кривых, т.е. с ростом температуры характер частотной зависимости, полученной на основании теоретических исследований, сохраняется.

Полученная зависимость критических напряжений начала процесса усталостного разрушения от частоты знакопеременных колебаний позволяет уточнить физическую модель развития процесса усталостного разрушения исследуемых алюминиевых сплавов. Следует отметить, что температура воздействует на движение дислокационного отрезка двояким образом; через коэффициент динамической вязкости, который при температурах порядка и больше температуры Дебая является линейной функцией температуры, с одной стороны, и через упругие силы взаимодействия сегмента с примесями в дальнедействующих полях напряжений.

УДК 621.185.532

А. В. Блохин, доц., канд. техн. наук;
С. Е. Бельский, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)
Adel Abdel Basset Rashid
(Beirut Arab University, Lebanon, Tyre, Ливан)

ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗНАШИВАНИЮ ОБРАЗЦОВ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПОСЛЕ ИМПУЛЬСНОЙ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ

Высокая стоимость получения первичных литейных алюминиевых сплавов создает предпосылки использованию сплавов, полученных из металлического лома, при этом основной проблемой рециклинга является более низкое качество таких материалов, т.к. вторичные сплавы алюминия содержат большое количество интерметаллидных фаз, неметаллических включений, растворенных газов, отличаются гетерогенностью структуры.

С целью повышения качества вторичных сплавов на основе алюминия известны следующие технологические решения: сортировка скрапа; рафинирование, легирование и модифицирование сплавов; плавка в дуговых печах постоянного тока. Использование модификаторов, а также ряда некоторых процессов термической обработки обеспечивает определенное улучшение, как структуры, так и прочностных свойств вторичных литейных алюминиевых сплавов.

Определенный интерес представляет использование импульсной тепловой обработки при помощи промышленных лазерных установок поверхностей деталей, изготовленных из вторичных алюминиевых сплавов. Повышение поверхностной твердости, необходимой для деталей, работающих в условиях интенсивного изнашивания, обеспечивает лазерная обработка с последующим естественным и искусственным старением. Так, авторы [1] показали, что применение такой обработки обеспечивает 2-3 кратное повышение микротвердости поверхности образцов. Подобная обработка, однако, приводит к снижению характеристик усталости [2]. Поэтому актуальной задачей является повышение характеристик усталости дополнительной финишной термической и механической обработкой. Целью данной работы было исследование влияния импульсной тепловой обработки на износостойкость и характеристики усталости образцов, изготовленных из вторичных алюминиевых сплавов.

Исследования проводились на образцах из сплава Аk9M2 со следующим химическим составом: 9,73-9,84 % Si, 2,27-2,4 % Cu, 0,054-0,060 % Mn, 0,067-0,093 Mg. По содержанию железа (Fe) образцы

были разбиты на три группы: 1 – 0,5%, 2 – 1% и 2 – 1,5%. Образцы представляли собой плоские балочки с прямоугольным поперечным сечением. Поверхностное упрочнение методом тепловой импульсной обработки проводилось на импульсном лазере по режимам, рекомендованным специалистами ЗНТУ (Украина). Также при разливке сплав был обработан модификатором [3]. Сопротивление образцов изнашиванию оценивалось в условиях возвратно-поступательного движения на специально сконструированной установке.

Сравнительная оценка сопротивления изнашиванию проводилась по потере массы при пути трения между измерениями через каждые 5000 м. В результате наилучшие результаты были получены при содержании железа в сплаве около 1%. Проведение после лазерной обработки дополнительного полирования и старения обеспечило существенное повышение сопротивления поверхности изнашиванию особенно на начальном этапе испытаний (в 1,5-2 раза), что может быть объяснено как уменьшением шероховатости поверхности, так и возникновением при полировании дополнительных напряжений сжатия в поверхностном слое, при этом за счет снятия части оплавленного слоя полированием были повышены характеристики усталости образцов подвергнутых тепловому воздействию.

Таким образом, комплексная обработка алюминиевых сплавов, включающая, кроме лазерной закалки, старение и финишное полирование, весьма перспективным для вторичных алюминиевых сплавов и обеспечивает возможность использования таких материалов для изготовления деталей, работающих в условиях циклических колебаний, а также интенсивного изнашивания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гиржон В.В., Танцюра И.В., Волчок И.П., Широкобокова Н.В. Влияние лазерной обработки на структуру и свойства поверхностных слоев силуминов // Физика и химия обработки материалов. – 2008. - № 1. – С.50-54.
2. Царук, Ф.Ф. Влияние содержания железа и лазерной обработки на высокочастотные усталостные свойства сплава АК8МЗ / С.Е.Бельский // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2008. – Вып. XVIII. – С. 10-213.

УДК 621.9.02

В.Б. Левитан (ОАО «Сталекс», г. Минск);
С.Е. Бельский, доц., кан. техн. наук; К.В. Пивоварчик, студ.
(БГТУ, г. Минск)

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ ПОСЛЕ ШЛИФОВАНИЯ

Заключительной операцией изготовления инструмента обычно является шлифование. Оно проводится после полного цикла термообработки с целью придания ему окончательной формы и размеров, а также устранения возможных искажений в результате термической обработки. Особенно важно выяснить влияние шлифования на структуру и свойства контактной поверхности инструмента. Роль шлифования в процессе производства постоянно возрастает в связи с применением твердых и труднообрабатываемых материалов, повышением требований к чистоте и точности обработанной поверхности, уменьшением припусков на обработку.

Высокая температура у поверхности, интенсивный и неравномерный теплоотвод, пластическая деформация и структурные превращения приводят к изменению напряженного состояния поверхностного и подповерхностного слоев шлифованного инструмента. Распределение микро- и макронапряжений играет существенную роль при последующей его эксплуатации.

Следует отметить, что, как правило, остаточные макронапряжения, появляющиеся при шлифовании, существенно ниже напряжений возникающих при закалке, и в основном не превышают 50-90МПа, поэтому нельзя связывать возникновение таких дефектов поверхности, как трещины, только с процессом шлифования, даже проводимым по весьма жестким режимам. Поверхностные макронапряжения могут вызывать только коробление очень тонких сечений обрабатываемого инструмента.

Образование трещин возможно преимущественно на локальных участках при большом количестве концентраторов напряжений. Трещинообразование возможно также в случае суммирования шлифовальных напряжений с вызванными предшествующей термообработкой, а также возникающими при последующей работе инструмента в условиях высоких знакопеременных нагрузок.

Напряжения при шлифовании повышены, как правило, в слое толщиной до 50 мкм, при этом их максимум наблюдается на глубине 10-20 мкм. Весьма характерна картина распределения напряжений по

глубине шлифованной поверхности, полученная для стали Р9К5 абразивным кругом при различном объеме сошлифованного металла [3]. Следует отметить, что с увеличением количества снятого металла характер распределения напряжений не изменяется.

Послойный анализ напряжений с использованием метода стравливания шлифованной поверхности инструмента из сталей Р6М5 и 45Х3В3МФС показывает (рисунок 1), что уровень макронапряжений по сравнению с характерным для данного материала уровнем повышен только в поверхностном слое толщиной ≈ 50 мкм. Нарастание макронапряжений непосредственно у поверхности указывает на реализацию наклепа слоя определенной толщины при шлифовании. Уровень макронапряжений, как и их распределение, подтверждает, что они могут быть причиной трещинообразования только в сочетании с сильными их концентраторами.

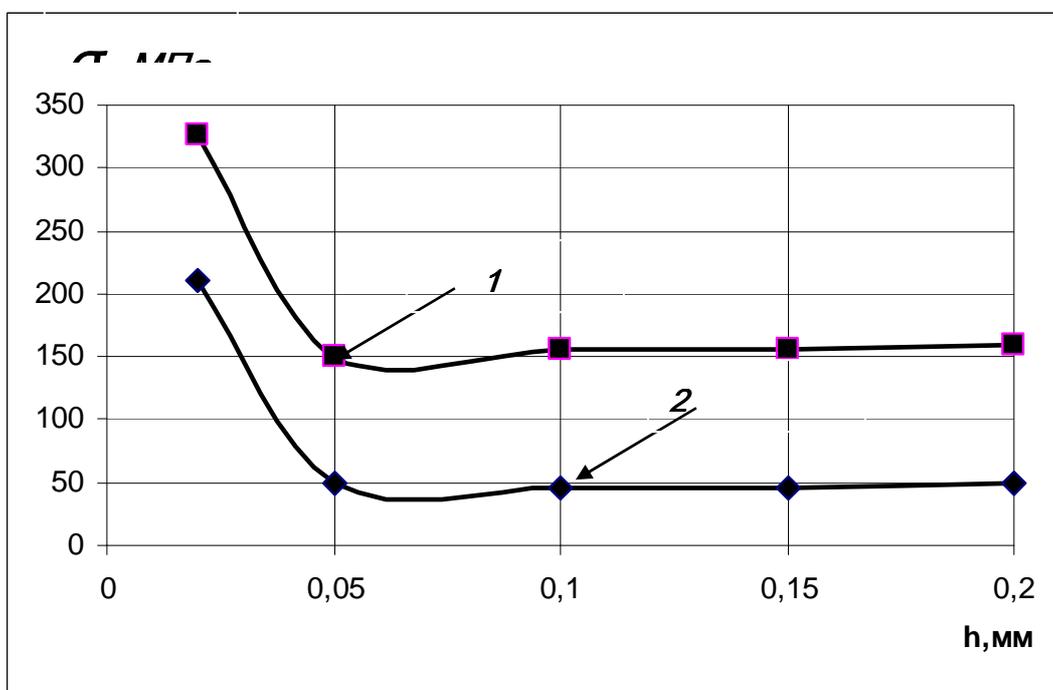


Рисунок 1 – Изменение макронапряжений по глубине шлифованной поверхности инструмента из стали Р6М5 (1) и 45Х3В3МФС (2)

Равномерность снижения напряжений по глубине исследуемого слоя свидетельствует об отсутствии таковых между различными зонами поверхностного слоя, хотя эта картина несколько искажена постепенным стравливанием поверхности. Меньший уровень макронапряжений у стали 45Х3В3МФС связан с несколько меньшим количеством легирующих элементов, растворяющихся в мартенсите в процессе вторичной закалки.

В.Б. Левитан (ОАО «Сталекс», г. Минск)
С.Е. Бельский, доц., кан. техн. наук
А.В. Вергейчик, студ. (БГТУ, г. Минск)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ КОМБИНИРОВАННОГО ИНСТРУМЕНТА

В данной работе приводятся результаты определения предела прочности при изгибе на сварных образцах из быстрорежущей и конструкционной стали, прошедших различную термическую обработку. Диаметр образцов составлял 16 мм, длина каждой части – 80 мм.

Для материала конструкционной части были использованы стали 40Х и 45. Образцы сваривали двумя видами сварки – трением и оплавлением. После сварки образцы подвергали изотермическому отжигу по двум вариантам:

1 вариант –нагрев до 860 °С. Выдержка 4 часа, затем охлаждение с печью до 750 °С, выдержка 4 часа, а затем охлаждение в течение 16 часов до 500 °С и далее на воздухе.

2 вариант – нагрев образцов до 860 °С, выдержка 2 часа, затем охлаждение с печью до 720 °С, выдержка 4 часа, охлаждение с печью в течение 4–х часов и далее на воздухе.

На отожженных образцах снимали грат и производили токарную обработку до диаметра 10,8 мм.

После этого производили термическую обработку. Вначале закаливали в масле быстрорежущую часть сварного образца по режиму: подогрев 850 °С, окончательный нагрев 1220 °С.

Предварительный нагрев производили в хлорнатриевой ванне, а окончательный – хлорбариевой. После закалки быстрорежущей части производили трехкратный отпуск при температуре 560 °С по 1 часу. Затем выполняли закалку конструкционной части сваренных образцов. Сталь 40Х закаливали в масле с температуры 860 °С, а сталь 45 после нагрева ТВЧ с температуры 830-850 °С на воду. Сталь 40Х отпускали в электропечи при температуре 250 °С в течение 2-х часов сталь, а сталь 45 в электропечи при температуре 150 °С в течение 2-х часов.

После выполнения полного цикла термической обработки образцы шлифовали до диаметра 10 мм на бесцентровочно-шлифовальном станке.

Испытания механических свойств образцов приводили на десятитонной машине Амслера. Нагрузку на сварной шов образца передавали через пуансон с радиусом при вершине 20 мм. В качестве опор использовали круглые ролики диаметром 30 мм.

Сварной образец устанавливали таким образом, чтобы плоскость сварного шва совпадала с осью приложения нагрузки.

Предел прочности при изгибе определяли по формуле:

$$\sigma_{изг} = \frac{M_{max}}{W}$$

$$M_{max} = \frac{P \cdot l}{4}$$

где P – нагрузка; l – расстояние между опорами.

Момент сопротивления w для круглого сечения определяется по формуле:

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

где d – диаметр образца.

Для межцентрового расстояния между опорами $L = 70$ мм предел прочности при изгибе определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{P \cdot 178.34}{d^3}$$

Разрушение всех сварных образцов происходило в зоне сварного шва быстрорежущей стали.

Половинки сварных образцов испытывали на изгиб для определения истинной прочности стали вне зоны сварного шва.

Установлено, что для части из быстрорежущей стали $\sigma_{изг}$ составило 310-360 МПа, а для части из стали 40Х 410-460 МПа. Также изучено влияние схемы нагрева и технологии сварки на прочность сварного шва.

Установлено, что наибольшая прочность сварного шва достигается при использовании конструктивной части из стали 40Х и сварке трением при нагреве обеих частей инструмента с переходом сварного шва на диаметр образца, а также при нагреве только быстрорежущей части с переходом шва на диаметр. Конструкционная часть в этом случае остается в отожженном состоянии. При использовании подобных схем предел прочности на изгиб составляет порядка 150-180 МПа, а твердость быстрорежущей части 59-61 HRC.

УДК 634.377

М.Н. Пишов, доц., кан. техн. наук,
Ф.Ф. Царук, доц., кан. техн. наук,
А.В.Блохин, доц., кан. техн. наук, (БГТУ, г. Минск)

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НИЗКОЧАСТОТНОЙ УСТАЛОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Целью данной работы является разработка методики ускоренного прогнозирования низкочастотных характеристик циклической прочности конструкционных материалов по результатам усталостных испытаний и изменений физико-механических характеристик на высокой частоте нагружения. Для достижения этой цели проводились усталостные испытания различных материалов (стали 20Х13, меди М1, алюминиевых сплавов Д16 и АМг2Н) в широком частотном диапазоне (0.3 - 18 кГц) знакопеременного изгиба при регулярном нагружении с использованием электродинамического вибростенда (0.3 кГц) и специально созданных магнитострикционных испытательных установок (2.8, 8.8 и 18 кГц). Все испытательное оборудование работало в автоколебательном режиме с автоматическим поддержанием амплитуды колебаний образцов, которые представляли собой балочки прямоугольного сечения (2х6 мм), вырезанные вдоль направления проката, подвергнутые затем шлифовке, электрополировке и термообработке.

Статистическая обработка результатов усталостных испытаний, осуществленная на основании гипотезы нормального закона распределения, позволила установить, что частота нагружения практически не влияет на характеристики рассеяния усталостной долговечности исследованных материалов. Увеличение частоты нагружения практически не сказалось на форме усталостных кривых, при сохранении их эквидистантности и приводило к монотонному росту усталостной долговечности на всех базах испытаний. При этом увеличение базы испытаний приводило к уменьшению разницы между пределами ограниченной выносливости для всех материалов.

Все вышеперечисленное позволило предположить отсутствие значимых различий в физике процесса усталостного повреждения на низких и высоких частотах нагружения, для подтверждения чего были проведены исследования кинетики физико-механических характеристик (ФМХ) материалов в процессе нагружения на различных частотах.

Перед испытаниями и после наработки определенного числа циклов определялись следующие структурно-чувствительные свойства (микротвердость, электросопротивление, магнитные характеристики, а

также характеристики тонкой структуры: плотность дислокаций, напряжения второго рода, размер блоков).

Установлено, что ФМХ являются частотнозависимыми, причем с ростом частоты колебаний характерные точки кривых изменения монотонно сдвигаются в сторону увеличения числа циклов при одинаковой форме этих кривых и отражает факт некоторого запаздывания процесса усталостного повреждения с ростом частоты из-за меньшего времени действия максимальных напряжений. Сохранение конфигурации кривых говорит об отсутствии коренного отличия процесса усталостного нагружения на существенно различных скоростях приложения циклических напряжений.

Данные обстоятельства позволяют предложить физически обоснованную методику ускоренного прогнозирования низкочастотных характеристик циклической прочности конструкционных материалов. Для этого было введено понятие пороговых напряжений, т.е. величины циклических напряжений $\sigma_{пн}$, ниже которых не происходит каких-либо необратимых изменений ФМХ на данной базе испытаний. Результаты исследований данной характеристики показали монотонный ее рост с увеличением частоты, а также, что весьма ценно, существование постоянной разности между ней и величиной ограниченных пределов выносливости во всем исследованном диапазоне частот для каждого материала.

Методика прогнозирования предполагает определение усталостных характеристик материала на возможно более высокой частоте с соблюдением ограничений по температуре саморазогрева и одновременным определением величины высокочастотного порогового напряжения $\sigma_{пв}$ (например, по результатам исследования микротвердости). Одновременно испытаниям подвергаются образцы на низкой частоте с целью определения низкочастотного порогового напряжения $\sigma_{пн}$. По завершению высокочастотных испытаний определяется величина $\Delta\sigma$ – разность между ограниченным пределом выносливости на высокой частоте $\sigma_{-1в}$ и величиной порогового циклического напряжения $\sigma_{пв}$. Затем с помощью величины $\Delta\sigma$ и находится искомый предел низкочастотной выносливости как $\sigma_{-1н} = \sigma_{пн} + \Delta\sigma$.

Экспериментальная проверка данной методики прогнозирования на вышеназванных материалах показала ее достаточную точность при значительном сокращении длительности и трудоемкости определения усталостных характеристик.

УДК 624.041

А.М. Лось, ассист.; А.В.Блохин, доц., канд. техн. наук;
А.И. Сурус, доц., канд. техн. наук;
С.В. Ярмолик, ст. преп. (БГТУ, г. Минск)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН СИСТЕМАМИ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Любая подъемно-транспортная машина состоит из механизмов, монтируемых на несущих металлических конструкциях и систем управления. Вертикальное перемещение обеспечивает механизм подъема, горизонтальное – механизмы передвижения, поворота, изменения вылета.

Надёжность и безопасность эксплуатации кранов зависит от качества исполнения их металлических конструкций. Такие конструкции подразделяются на пролетные, опорные и стреловые. В связи с этим по крановым металлоконструкциям предъявляются определённые требования: прочность, общая устойчивость конструкции и местная устойчивость отдельных её элементов; статическая и динамическая жёсткость; выносливость и, вместе с тем, минимально возможная масса, высокая технологичность изготовления и монтажа, иногда ограниченные габариты. Большинство этих требований должны обеспечиваться на стадии предварительного (проектного) расчёта и компонования.

Самым значимым и трудоемким этапом проектирования несущих металлоконструкций является анализ их статической, динамической прочности, напряженно-деформированного состояния. Современным мощным численным методом решения большинства инженерных задач является метод конечных элементов, который реализовывается на замене исследуемого твердотельного объекта совокупностью конечного числа дискретных элементов, связанных между собой в узлах. Последовательность создания математической модели, следующая: исследуемый объект – идеализированная расчетная схема – система линейных алгебраических уравнений. Переход к расчетной схеме дает возможность формулировать граничные условия, произвольно располагать узлы сетки элементов, сгущая ее в местах ожидаемого большого градиента искомых величин, применять метод для исследования областей, состоящих из фрагментов различной физической природы и т. д.

Нами была спроектирована балка мостового крана, выполненная в виде пространственной рамы с поперечными горизонтальными рас-

косами и вертикальными стойками. Конечно-элементная модель рамы представлена на рис. 1.

Элементы несущей фермы в сечении имеют полое прямоугольное сечение. Рассматривались три варианта размеров сечений горизонтальных несущих поясов 100x60x4, 100x60x5, 120x80x5 мм. Вертикальные стойки и раскосы для всех случаев приняты сечением 50x50x3 мм. Нагрузка от веса поднимаемого груза составляет 80 кН.

На рис. 2 видно, что максимальные растягивающие напряжения в нижнем поясе сечением 100x60x4 мм составляют $MX=137$ МПа при максимальном перемещении слоев равном 14,24 мм. Напряжения в наиболее растянутых стержнях раскосов изменяются от 40 до 50 МПа и имеют значительный запас прочности ($n=7,75\dots 6,2$). Верхние пояса и вертикальные стойки находятся в сжатом состоянии.

При использовании в качестве несущих поясов труб прямоугольного сечения размерами 100x60x5 мм растягивающие напряжения достигают максимального значения равного 113 МПа, при этом прогиб слоев конструкции составляет 11,88 мм, что уже значительно меньше, чем при использовании сечения 100x60x4. Напряжения в раскосах здесь также не велики и изменяются в диапазоне 40-50 МПа.

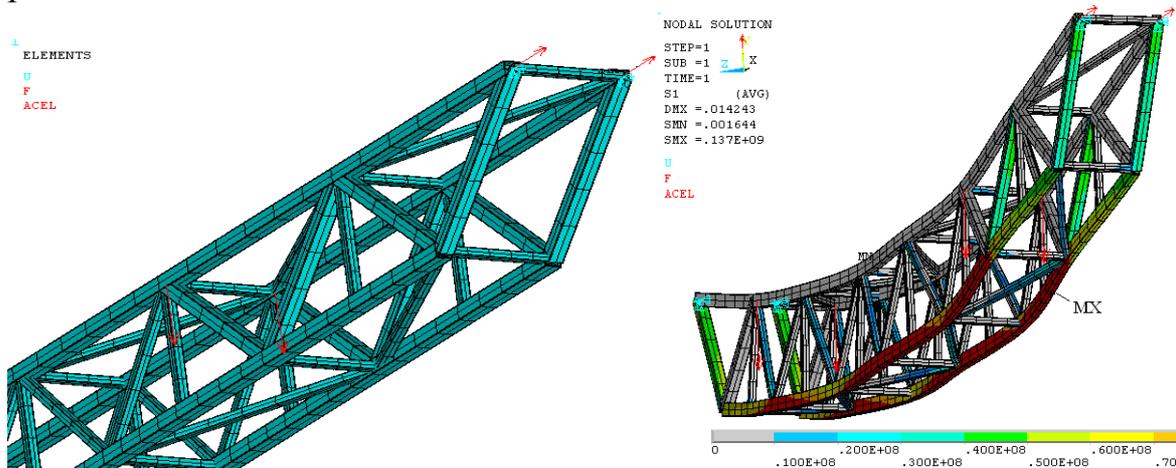


Рисунок 1 - Конечно-элементная модель несущего пролета

Рисунок 2 - Напряженно-деформированное состояние пролета с поясами сечением 100x60x4

Рама, из элементов сечением 120x80x5, испытывает максимальные растягивающие напряжения нижних слоев $\sigma_{\max}=92,7$ МПа, максимальные перемещения при этом составляют 9,64 мм. При этом в других слоях напряжения не превышают 80 МПа. Максимальные напряжения в стержнях рамы с поясами сечением 90x90x5 (нижний пояс)

составляют 101 МПа, максимальные перемещения в таком случае равны 10,6 мм.

Кроме прямоугольных профилей при проектировании рамы можно использовать уголки. Конечно-элементная модель такой рамы представлена на рис. 3.

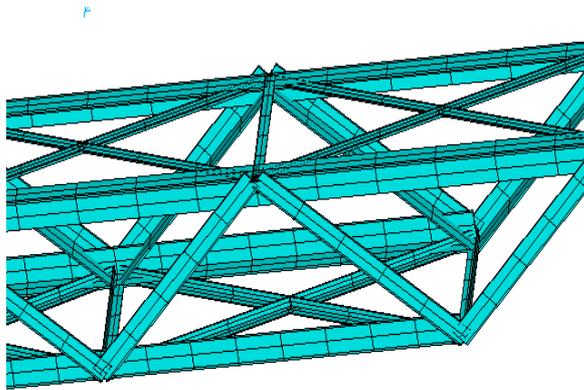


Рисунок 3. Конечно-элементная модель балки, выполненной из уголков

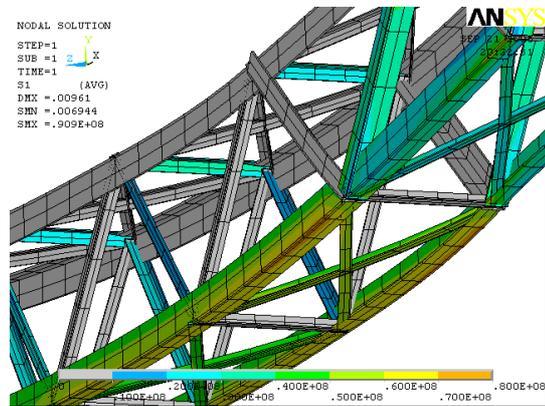


Рисунок 4. Напряжения в элементах балки, выполненной из уголков

Верхний и нижний пояса сконструированы из прокатного уголка 125x80x10 мм. При приложении к раме статической нагрузки, ее элементы испытывают напряжения, показанные на рисунке 4, не превышают 94,4 МПа (локальные напряжения в сварном шве), а в нижнем поясе достигают наибольшего значения, равного 78 МПа.

Таким образом, применение метода конечных элементов в совокупности с высокопроизводительной компьютерной техникой позволяет проводить высокоточные исследования напряженно-деформированного состояния несущих конструкций, что позволяет значительно снизить срок проектирования новых машин.

УДК 674.055:621.914.2

В.Н. Гаранин, доц, канд. техн. наук; Д.Л. Болочко, ассист.;
А.Л. Шляжко, студ. (БГТУ, г. Минск)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ САМОАДАПТАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ ФРЕЗАМИ

Древесина, как природный материал, в современном мире приобретает в современных условиях высокую значимость в связи с экологическим трендом развития современных технологий создания и использования материалов. Обработка древесины связана с механическими операциями, которые сопровождаются в большинстве случаев с воздействием на нее режущего инструмента. Данное взаимодействие происходит с концентрациями относительно высоких напряжений сжатия в зоне ее разрушения (для сосны около 50 МПа).

Резание древесины методом фрезерования в основном носит ударный характер, ограничивающий использование многих материалов в качестве изготовления режущих элементов. Это обусловлено в большей степени непостоянством физико-механических свойств обрабатываемого материала, а также необходимостью использования высоких скоростей резания с целью «замораживания» обрабатываемого материала для создания необходимых для разрушения сжимающих напряжений в зоне резания. В таких условиях инструмент должен как бы постоянно приспосабливаться к изменяемым условиям взаимодействия с материалом. В данной ситуации для описания в более широком смысле способа приспособления предлагается воспользоваться термином «инструментальная адаптация», под которой понимается процесс приспособления характеристик режущего материала под обрабатываемый материал с непостоянными свойствами.

Согласно [1] термин адаптация предлагается рассматривать в трех аспектах: адаптация как свойство системы приспособляться к возможным изменениям функционирования – система адаптации; адаптация как сам процесс приспособления адаптивной системы – адаптация; адаптация как метод, основанный на обработке поступающей информации и приспособленный для достижения некоторого критерия оптимизации – адаптационные алгоритмы.

Поэтому термин адаптация можно использовать и для изучения таких управляемых систем как режущий элемент дереворежущего инструмента и обрабатываемый материал, так и процесс обработки в целом. На сегодняшний день известны способы адаптации механических систем (оборудования) под изменяемые режимы обработки различных материалов [2]. Данные системы адаптации охватывают в основном системы управления (адаптационные алгоритмы) и

приктически не затрагивают инструмент, который может быть способен приспособливаться к изменяющимся параметрам обработки в независимости от системы управления оборудования, где он используется. С таким подходом сам процесс адаптации носит более локальный вид, что придает адаптации более надежный способ подстраивания к процессу резания неоднородных материалов.

В более широком смысле, понятие инструментальная адаптация можно применить для механизма приспособливания (изменение параметров) инструмента под изменяющиеся условия его не только эксплуатации, но и производства и утилизации, затрагивая тем самым полноценный цикл применения дереворежущего инструмента.

При разработке фрезерного цилиндрического инструмента с адаптивными свойствами необходимо обратить внимание в первую очередь на то, что фреза работает на высоких скоростях взаимодействия с обрабатываемым материалом (до 50 м/с). Этим в основном и объясняются высокие требования к быстродействию системы «инструмент-деталь» во время обработки древесины. На данное быстродействие высокое влияние оказывают инерционные характеристики инструмента, из-за чего появляются трудности с обеспечением малого времени адаптации инструмента с изменяемым нагрузкам. В данных условиях предлагается использовать автоколебания, как один из механизмов инструментальной адаптации, с помощью которых механизм адаптации преобразуются в механизм самоадаптации.

Использование механизмов адаптации и самоадаптации при разработке и создании, эксплуатации и утилизации фрезерного инструмента при обработке древесины, как неоднородного материала, позволяет оптимизировать процесс резания и тем самым снизить затраты ресурсов на обработку. Тем самым, в свою очередь, обеспечивается повышение эффективности процесса обработки древесины цилиндрическими фрезами

ЛИТЕРАТУРА

1. Акофф Р., Эмерли Ф. О целеустремленных системах. - М.: Советское радио, 1974. - 272 с.
2. Балакшин Б.С. Необходимость оборудования программных станков системами адаптивного управления / Б.С. Балакшин // Станки и инструмент. - 1973. - №3. - С. 4-6.
3. Лищенко Н.В. Силовые параметры резания в системах адаптивного управления станками / Н.В. Лищенко // Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении: материалы науч.-техн. конф. - Киев: АТМ Украины, 2010. - С. 77-81.

УДК 621.934

А.Ф. Аникеевко, доц, канд. техн. наук;
Т.А. Машорипова, ассист. (БГТУ, г. Минск)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ В КОНСТРУКЦИЯХ СВЕРЛИЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

К настоящему времени проведен ряд исследований по вопросам разработок новых конструкций сверл для обработки древесины и древесных материалов. Однако с созданием новых машин с числовым программным управлением и усовершенствованных конструкций сверлильного инструмента появляется необходимость проведения новых исследований, связанных с рациональным и экономным использованием материальных и энергетических ресурсов, совершенствованием технологических режимов работы оборудования. Это позволяет экономить валютные средства предприятий и, как следствие, осуществлять импортозамещение, повышать конкурентоспособность выпускаемой продукции.

Существующие сверлильные инструменты, предназначенные для обработки древесины твердых и мягких пород, плитных материалов имеет один существенный недостаток: предназначен для обработки только конкретного вида материала на определенных технологических режимах

В основном на деревообрабатывающих предприятиях используются два основных вида сверл, это сверла винтовые с конической заточкой и сверла с центром и подрезателями, спиральные сверла [1].

Возникают трудности со сверлами с центром и подрезателями после переточки, т.к. неравномерно заточены кромки и подрезатели находятся не на одном уровне.

Неравномерная заточка происходит из-за того, что затачивают сверла с центром и подрезателями на станках с ручным подводом затачиваемого инструмента.

Немаловажной проблемой сверления ламинированной древесностружечной плиты является образование сколов на поверхности плиты.

На данный момент ту проблему устраняют уменьшением скорости подачи на входе и выходе сверла из отверстия, путем написания алгоритма управления машинами с числовыми-программным управлением, но при смене инструмента или использовании другого материала необходимо переписывать программу.

Главным критерием качества обработки ламинированных древесностружечных плит сверлильным инструментом является отсут-

ствие сколов облицовочного материала недопустимых размеров вдоль кромок полученных отверстий. В связи с этим в данной работе предлагается спроектировать сверло спиральное сборное. Конструкция данного сверла состоит из хвостовика, тела сверла и двух пружин. Это сверло позволит, имея систему упругих элементов, с разными коэффициентами жёсткости, обрабатывать древесностружечные плиты, в том числе и ламинированные, исключая возможность появления сколов на входе и выходе инструмента. Применение сверл данного типа в первую очередь позволит повысить качество обработанной поверхности, а также повысить стойкость сверл, за счет уменьшения скорости подачи. Применение такого типа сверл так же экономически выгодно, так как закупаются только тело сверла, а хвостовики остаются прежние.

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.

Использование данного типа инструмента при сверлении плитных материалов позволит в значительной мере сократить количество брака, увеличить производительность вместе со снижением энергопотребления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грубе А. Э. Дереворежущие инструменты / А. Э. Грубе – М: Лесная промышленность, 1971. – 342 с.
2. Бершадский, А. Л. Расчет режимов резания древесины / А. Л. Бершадский. – М.: Высшая школа, 1966 – 176 с.
3. Аникеенко А. Ф., Гришкевич А. А., Гаранин В. Н., Машо-рипова Т. А., Технологические режимы сверления ламинированных древесностружечных плит обеспечивающие установленное качество // Труды XII международного симпозиума «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века», г. Екатеринбург, 2017 – С. 197-202.
4. Цуканов Ю.А. Обработка резанием древесностружечных плит / Ю.А. Цуканов, В.В. Амалицкий. – Москва: Лесная промышленность, 1966. – 94 с.

УДК 674.914:674.338

И. К. Клепацкий, асп.; В. В. Раповец, канд. техн. наук, доц.
(БГТУ, г. Минск)

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ УПРОЧНЕННОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ФРЕЗЕРНО-БРУСУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Цель работы – промышленные испытания методик модификации ножей для агрегатной обработки древесины малоножевым фрезерным инструментом для определения технологической стойкости режущей кромки.

Была изготовлена опытная партия ножей из стали 6ХС, выбранная на основании ранее проведенных исследований, для проведения промышленных испытаний. Сравнительная характеристики химического состава сталей базового и экспериментальных образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение химического состава сталей

Марка стали	C	Si	M	Ni	Cr	Mo	V	W	Mn	Fe
40XB2C	0,4	0,25	1	<0,35	1	<0,3	–	~1,4	<2,5	~93
6ХС	0,6	~1	0,3	<0,35	1	<0,2	<0,2	<0,15	–	~95

Технологические параметры проведения промышленных испытаний: фрезерно-брусующая линия LINK V25, объём обработки 2100 м³ древесины хвойных пород: 95% сосна, 5% ель, частота вращения фрез 1090 мин⁻¹, скорость подачи 25 м/мин, время работы 40 ч.

Также, как и во время проведения опытно-промышленных испытаний базового образца, на участок переработки поступала древесина с большим диапазоном влажности (от 23 до 64%) и наличием абразивных элементов (металлически и неметаллических включений), что отрицательно сказывалось на работоспособности дереворежущего инструмента по сравнению с обработкой чистой и более однородной по влажности древесины.

Измерения радиуса округления режущей кромки ножа фрезерно-брусующего станка проводились на длине кромки равной $l = 72$ мм.

Для получения достоверного отпечатка режущий инструмент механически фиксировался, и свинцовая пластинка надвигалась на лезвие по концевым мерам, которые использовались как направляющие. Полученный отпечаток – радиус округления кромки измерялся универсальном световом микроскопе МИ-1 производства ОАО «Планар-ТМ». Часть из комплекта ножей подверглись термической обра-

ботке – закалке с температуры 750°C. Твёрдость составила 56 HRC. Результаты измерений радиусов округления режущей кромки ρ_n , мкм, опытного образца за 5 смен работы приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты измерений (опытный образец)

Радиус округления после n (8ч.) смен работы ρ_1 , мкм (1мм от края кромки)	Смены				
	1	2	3	4	5
	38	63	79	98	133
ρ_2 , мкм (15мм от края кромки)	39	65	79	102	139
ρ_3 , мкм (30мм от края кромки)	36	61	74	95	124
ρ_4 , мкм (45мм от края кромки)	28	49	60	66	83
ρ_5 , мкм (60мм от края кромки)	17	29	36	43	58
ρ_6 , мкм (72мм от края кромки)	8	9	16	23	33

Часть ножей из стали 6ХС подвергалась магнитно-импульсной упрочняющей обработке – МИО с величиной энергии 8 кДж. Твёрдость – 57 HRC. Результаты измерений ρ_n , мкм, режущей кромки приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты измерений (опытный образец)

Радиус округления после n(8ч.) смен работы ρ_1 , мкм (1мм от края кромки)	Смены				
	1	2	3	4	5
	38	65	81	94	117
ρ_2 , мкм (15мм от края кромки)	37	66	79	95	122
ρ_3 , мкм (30мм от края кромки)	35	61	71	88	105
ρ_4 , мкм (45мм от края кромки)	26	46	56	61	69
ρ_5 , мкм (60мм от края кромки)	16	27	33	40	49
ρ_6 , мкм (72мм от края кромки)	9	10	15	22	29

Поверхность части ножей модифицировали в камере вакуумно-плазменной установке, в среде N-H-Ar при температуре 390°C и времени выдержки 12 часов. Твёрдость – 50 HRC. Результаты измерений ρ_n , мкм, режущей кромки приведены в таблице 4.

А.А. Гришкевич, доц., канд. техн. наук
В.Т. Лукаш, ст. преп., канд. техн. наук
И.Г. Хомич, студ. (БГТУ, г. Минск)

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ОБРАБОТКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ПИЛЫ ДИСКОВОЙ

Пиление дисковыми пилами является высокопроизводительным процессом обработки древесины, к качеству выполнения которой предъявляются высокие требования. Однако, не смотря на высокие скорости резания и подачи, производительность круглопильного оборудования ограничена устойчивостью режущего инструмента во время работы и соответственно точностью и шероховатостью получаемых пиломатериалов.

Повышение качества поверхности обработки при пилении дисковыми пилами на этапе лесопиления является одной из актуальных и приоритетных задач, решение которой позволит существенно снизить потери древесины при ее дальнейшей чистовой обработке.

Целью данной работы является совершенствование конструкции дисковых пил со стабилизирующими ножами для продольной распиловки бревен и брусьев с целью улучшения качества обработки пиломатериалов.

Анализ литературных и патентных источников [1, 2, 3, 4] позволил выявить один из недостатков применяемого инструмента, на основе которого было принято направление дальнейших изменений конструкции. Практически все дисковые пилы для первичной обработки древесины, предлагаемые сегодня на инструментальном рынке, имеют неразъемное соединение стабилизатора полотна пилы с его корпусом. При подготовке к эксплуатации, после потери режущей способности, затачиваются только зубья венца и не затачиваются стабилизаторы. В результате: плоскости резания зубьев венца и лезвия стабилизатора, приблизительно совпадающие для новых пил, после переточки смещаются друг относительно друга. Это происходит по следующим причинам. При обработке массивной древесины износ происходит в основном по главной режущей кромке для основных зубьев, выполняющих продольно-торцевое резание, лезвие стабилизатора работает в условиях продольно-поперечного резания. Величина износа режущих элементов отличается. Заточка только одного из них (рисунок 1) и приводит к нарушению первоначальных условий работы, и соответственно, ухудшению качества обработанной поверхности:

повышается трение стабилизатора о стенки пропила, возникают существенные осевые силы, отрицательно влияющие на устойчивость пилы в пропиле.

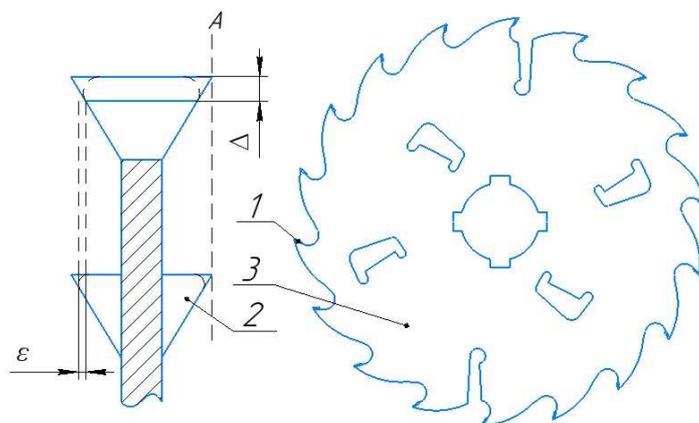


Рисунок 1 – Плоскости движения зуба пилы и стабилизатора

Чтобы этого избежать данной проблемы, целесообразно использовать пилы со съемными стабилизаторами, для осуществления совместной заточки зубьев венца и лезвия стабилизатора.

Предлагаемая конструкция дисковой пилы оснащена шестью попарно расположенными сменными ножами-стабилизаторами. Механическое крепление ножей с полотном пилы (рисунок 2) позволяет осуществлять их замену для заточки или при разрушении без применения специального оборудования, оснастки и расходных материалов (установка для пайки, индукторы, припой, флюс).

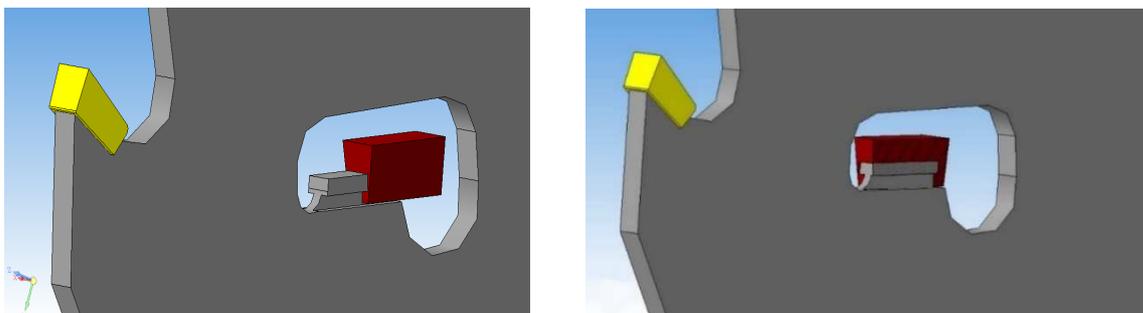


Рисунок 2 - Схема крепления стабилизирующего ножа к полотну пилы

Установка стабилизирующего ножа осуществляется путем его перемещения вдоль специально выполненных на пильном полотне направляющих скольжения. Фиксация ножа в нужном положении достигается при достижении им крайнего положения. Надежному креплению ножа во время работы способствует сила инерции, прижимающая его к базовым поверхностям направляющей и препятствующая смещению ножа из-за усилий резания в сторону монтажного

отверстия (к центру диска). Для возможности установки ножа в полотне пилы необходимо увеличить по сравнению со стандартным технологическое отверстие, при этом сами ножи-стабилизаторы сделать меньшей длины и увеличить их количество. Это позволит не только упростить процесс монтажа, но и уменьшить и более равномерно распределить силы резания действующие на ножи.

Разработка новой конструкции пилы дисковой со сменными ножами-стабилизаторами позволит улучшить качество получаемой пилопродукции и повысить устойчивость полотна в пропилах за счет выполнения операции заточки ножей, текущего контроля ширины пропила зубчатым венцом и ножами-стабилизаторами, а так же созданием требуемого угла резания для выполнения дополнительной операции строгания обрабатываемой поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. The Leitz Lexicon. Handbook for Woodworking machine tools. Edition 4. - Oberkochen: Gerb. Leitz GmbH & Co. KG, 2007 - 833 p.
2. Инструменты для обработки древесины и пластмасс Leuco : каталог / ООО «ЭСА». - Минск, 2007. - 206 с.
3. Пилы дисковые с твердосплавными пластинами для обработки древесных материалов. Технические условия : ГОСТ 9769-79. - Взамен ГОСТ 9769-69 ; введ. РБ 17.12.92. – Минск : Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь, 1992. – 16 с.
4. Соколов, Н. В. Исследование круглых дереворежущих пил со вставными зубьями : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.06.02 / Н. В. Соколов ; Ленинградская лесотехническая академия им. С.М. Кирова . – Ленинград, 1977. – 16 с.

УДК 674.914:674.338

А.А. Гришкевич, канд. техн. наук; С.А. Гриневич, канд. техн. наук;
В.Н. Гаранин, канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КРУГЛОПИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

На сегодняшний день травматизм в деревообрабатывающей промышленности, к сожалению, остается на довольно высоком уровне ежегодно происходят десятки несчастных случаев разной степени тяжести, в том числе в среднем 2-3 несчастных случая со смертельным исходом. Особенно часто травматизм наблюдается при эксплуатации круглопильных деревообрабатывающих станков для продольной распиловки. В связи с тем, что на большинстве станков данной группы осуществляется встречное резание, то силы, возникающие в процессе резания стремятся выбросить заготовку в противоположную сторону, т.е. навстречу оператору.

Для предотвращения выброса заготовок из станка предусмотрены противовыбрасыватели (когтевые завесы). Они выполняются в виде завесы, набора пластин (когтей), заостренных со стороны контакта с древесиной и свободно качающихся на оси крепления (рисунок).

При подаче заготовки в станок когти свободно поворачиваются и скользят по поверхности древесины, не препятствуя ее движению. В случае попытки выброса заготовки пластины заостренной частью врезаются в древесину, и заготовка заклинивается между когтями и поверхностью стола.

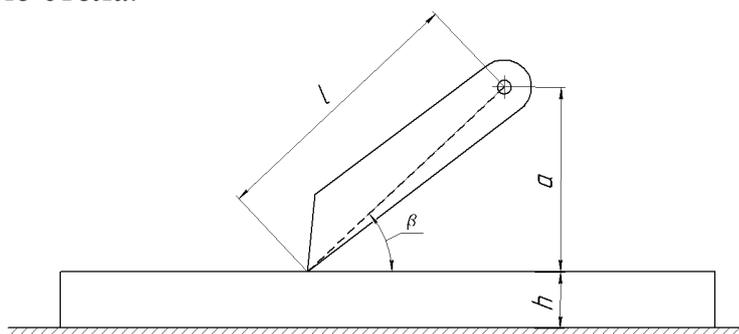


Рисунок 1 – Схема когтевой завесы

В многопильных станках особенно опасны обратные выбросы заостренных срезков (реек) толщиной меньше обрабатываемой заготовки, поэтому в них устанавливаются 2-3 ряда завес на разной высоте.

Таким образом, очевидно, что на работоспособность завес будут влиять коэффициент сцепления когтя с древесиной, вес когтя и угол

заклинивания, силы трения между заготовкой и столом. По первым двум факторам в ТНПА ничего не указано. Согласно ГОСТ 12.2.026.0 «Станки деревообрабатывающие. Требования безопасности к конструкции» [1] и Межотраслевых правил по охране труда в лесной, деревообрабатывающей промышленности и в лесном хозяйстве [2] угол заклинивания должен составлять 55-65° при обработке материала любой толщины. Однако по СТБ ЕН 1870-4-2006 «Безопасность деревообрабатывающих станков. Станки круглопильные. Часть 4. Станки многополотные для продольной резки с ручной загрузкой и/или выгрузкой» [3] угол заклинивания должен составлять уже 55-85°.

Выводы:

1. Существующие рекомендации, приведенные в отечественных ТНПА, не совершенны, так как не учитывают всех факторов, влияющих на эффективность работы когтевых завес;
2. В нормативных документах на сегодняшний день нет определенности по основным конструктивным особенностям когтевых завес, в частности рекомендации по углам заклинивания различаются.
3. Необходимы дополнительные исследования, направленные на повышение эффективности работы когтевых завес в том числе с учетом особенностей современного технологического оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оборудование деревообрабатывающее. Требования безопасности к конструкции: ГОСТ 12.2.026.0-93. Введен 01.01.1996. – Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 1996. – 46 с.
2. Межотраслевые правила по охране труда в лесной, деревообрабатывающей промышленности и в лесном хозяйстве, утвержденных Министерством труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь № 211/39 от 30.12.2008
3. Безопасность деревообрабатывающих станков. Станки круглопильные. Часть 4. Станки многополотные для продольной резки с ручной загрузкой и/или выгрузкой: СТБ ЕН 1870-4-2006. Введен 01.01.2007. – Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2006. – 36 с.

УДК 621. 785. 532: 674.055

А. А. Гришкевич, доц., канд. техн. наук;

С.А. Гриневич, доц., канд. техн. наук;

Г. В. Алифировец, зав. лабораторией (БГТУ, г. Минск)

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ НА СТОЙКОСТЬ НОЖЕЙ ПРОФИЛЯТОРОВ

Промышленность Республики Беларусь не обеспечивает деревообрабатывающие предприятия страны инструментом для фрезерно-брусующих агрегатов. Поэтому актуальной задачей и целью работы является разработка конструкции дереворежущего инструмента для данного типа оборудования. Главным требованием является то, что разрабатываемый инструмент по своим характеристикам не должен уступать аналогам импортных производителей, таких как FABA (Польша), LEITZ и Leuco (Германия). Для реализации поставленной цели была изготовлена опытная партия ножей в количестве 8 штук.

Для определения химического состава были взяты образцы материала импортных ножей и в центре физико-химических методов исследований БГТУ при помощи сканирующего электронного микроскопа JSM-5610 LV, оснащенного системой химического микро-анализа EDX JED-2210, было установлено, что инструмент изготовлен из стали СТ6Х4М2ФС. Характеристики данного материала схожи с характеристиками стали 8Х6НФТ, соответствующей ГОСТ 5950 «Прутки, полосы и мотки из инструментальной легированной стали. Общие технические условия» [1]. Однако изготовленная партия ножей не соответствовала критериям поверхностной твердости, и коллективом авторов совместно со специалистами ФТИ НАН Республики Беларусь было решено произвести их поверхностное упрочнение методом ионно-плазменного азотирования.

Ионно-плазменное азотирование (ИПА) – это разновидность химико-термической обработки инструмента, обеспечивающая диффузионное насыщение поверхностного слоя стали азотом или азотом и углеродом в азотно-водородной плазме при температуре 350-600⁰С [2].

Для определения оптимальных режимов упрочнения методом ионно-плазменного азотирования было произведено упрочнение плоских ножей при температурах 400, 450 и 500⁰С. Остальные параметры: давление P=60 Па, подача азота – 33 л/ч, подача водорода – 5 л/ч, время азотирования – 12 ч. В дальнейшем проводились промышленные испытания с обработанными таким образом ножами на ОАО «Борисовский ДОК» на фрезерно-пильной машине VPS 22.

Результаты испытаний показали, что ножи 1, упрочненные при температуре 4000С переработали 400 м3 древесины и радиус округления режущей кромки составил 436 мкм.

Ножи 2, упрочненные при температуре 450°С переработали 1500 м3 древесины и радиус округления режущей кромки составил 314 мкм.

Ножи 3 упрочненные методом ионно-плазменного азотирования при температуре 500°С, переработали 2500 м3 древесины и радиус округления режущей кромки составил 91 мкм. Для сравнения: ножи производства фирмы FABA переработали также 2500 м3 древесины и радиус округления режущей кромки составил 85 мкм.

Таким образом на основании проведенных исследований можем сделать следующие выводы:

– период стойкости ножей отечественного производства упрочненных методом ионно-плазменного азотирования при температуре нагрева 5500С сравним с периодом стойкости импортных ножей;

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 5950 «Прутки, полосы и мотки из инструментальной легированной стали. Общие технические условия»

2. Белый, А.В. Влияние ионно-лучевого азотирования дереворежущего инструмента, изготовленного из быстрорежущей стали, на период его стойкости / А. В. Белый, В. Н. Гаранин, А. А. Гришкевич, А. Ф. Аникеенко – Минск: ФТИ НАН Беларуси, БГТУ, 2016. – С.

УДК 674.023:674.055

А.Ф. Аникеенко, доц., канд. техн. наук;

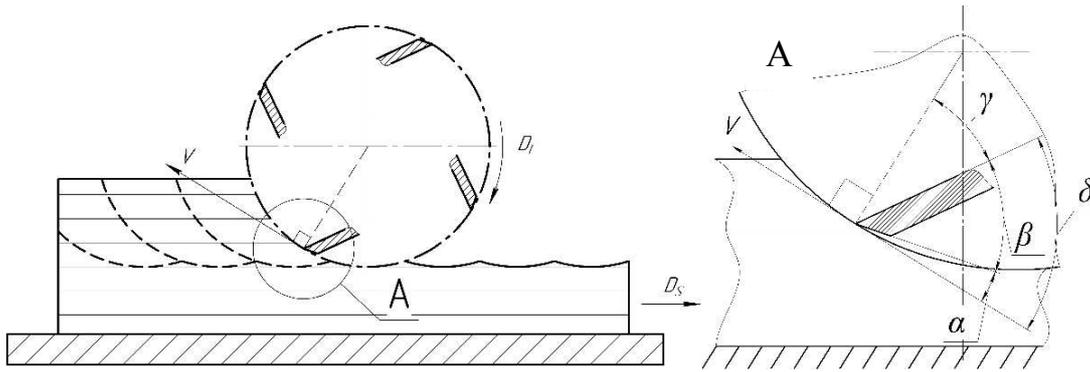
А.А. Гришкевич, доц., канд. техн. наук;

П.А. Бараненко, магистрант (БГТУ, г. Минск)

ВЛИЯНИЕ УГЛА РЕЗАНИЯ НА МОЩНОСТЬ ФРЕЗЕРОВАНИЯ И КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Фрезерованием называется процесс обработки материала вращающимися лезвиями, в результате которого припуск удаляется путем последовательного срезания отдельных циклоидальных стружек. На рисунке 1 показана функциональная схема процесса фрезерования.

В настоящее время ведутся исследования, направленные на оптимизацию механической обработки древесины и древесных материалов. Главным образом исследования ведутся по снижению величины потребляемой энергии на процесс резания. Отсюда и цель работы. Она заключается в определении зависимости мощности резания от угла резания.



V – скорость главного движения; D_1 – движение главное;
 D_s – движение подачи; γ – передний угол; β – угол заточки;
 α – задний угол; δ – угол резания

Рисунок 1 - Функциональная схема процесса фрезерования

Для определения этой зависимости была решена типовая задача, приведенная в источнике [1], с помощью MicrosoftExcel, результатом которой является график, представленный на рисунке 2. Он является графическим представлением зависимости мощности резания от используемого угла резания [2].

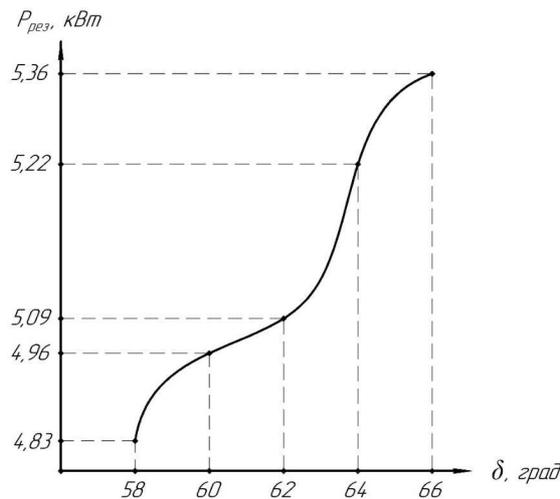


Рисунок 2 — График зависимости мощности потребляемой на фрезерование древесины от угла резания

Проанализировав полученные данные, можно прийти к выводу, что при уменьшении угла резания δ , уменьшается и мощность резания $P_{рез}$, что благоприятно влияет на энергопотребление процесса фрезерования — оно становится меньшим.

Но значение угла резания ограничено. Чрезмерное его уменьшение снижает жесткость лезвия, а также может привести к трению задней поверхности лезвия о заготовку. Для достижения данного экономического эффекта в настоящее время на производстве применяются инструменты с различными угловыми параметрами. Это позволяет

производить обработку более рационально, но принуждает содержать весьма крупное инструментальное хозяйство. В связи с этим величина экономии невелика.

На кафедре «Деревообрабатывающих станков и инструментов» ведутся разработки инструмента с изменяемыми угловыми параметрами [3, 4]. Его применение позволит существенно сократить размер инструментального хозяйства предприятия и добиться экономического эффекта от оптимизации угла резания под настоящие режимы обработки. Прототип такого инструмента приведены на рисунке 3 – а. На рисунке 3 – б, его функциональные возможности.

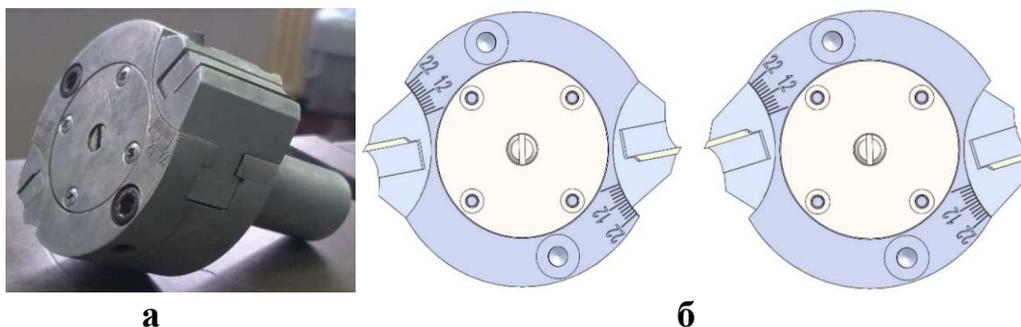


Рисунок 3 - Прототип инновационного инструмента и его функциональные возможности

Выводы: 1. С уменьшением угла резания δ уменьшается и мощность резания $P_{рез}$, что положительно влияет на энергопотребление процесса.

2. Разработка дереворежущего инструмента с изменяемыми углами резания является экономически оправданной, так как существенно уменьшается ассортимент дереворежущего инструмента и увеличивается производительность и качество обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гришкевич, А.А. Механическая обработка древесины и древесных материалов, управление процессами резания / А.А. Гришкевич. – Минск: БГТУ, 2012. – 111 с.
2. Бершадский, А.Л. Резание древесины. М., 1975. – 302 с.
3. Фреза с изменяемыми угловыми параметрами: Пат. №11088. Белый А.В., Гришкевич А.А., Гаранин В.Н., Беларусь, дата подачи – 04.08.2015, зарегистрирована в Государственном реестре полезных моделей – 01.04.2016, дата начала действия – 04.08.2015.
4. Фреза концевая: И 20180119, от 30.10.2018 г. Получено положительное решение по патенту на полезную модель. Карпович С.С., Гришкевич А.А., Демьяков А.В., Третьяков В.О. Карпович С.И.

УДК 621.914:674:004

В.В. Раповец, к.т.н., доц. (БГТУ, г. Минск)

Медведев С.В., д-р техн. наук, науч. сотр. (ОИПИ НАН Беларуси, г. Минск)

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С ВЫСОКОЙ ДЕТАЛИЗАЦИЕЙ ДЛЯ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ РЕЗАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для совершенствования и оптимизации высокоскоростных процессов фрезерования анизотропных материалов (древесины и древесных материалов), параметров эксплуатируемого режущего инструмента и технологических режимов обработки необходимо моделирование с высокой степенью детализации результатов и построение основных технико-экономических характеристик таких процессов с возможностью их использования в современных деревообрабатывающих машинах на производстве [1, 2].

В результате выполненных научных исследований разработаны методика, геометрические и конечно-элементные модели обрабатываемого анизотропного материала и режущего инструмента с использованием механизма дискретных частиц, проведены суперкомпьютерные вычислительные эксперименты.

Вычислительные суперкомпьютерные эксперименты на параллельных архитектурах СКИФ выполнялись в лицензионном пакете нелинейного динамического анализа LS-DYNA.

Разработанная методика включала создание трехмерной геометрической твердотельной модели фрезы сформирована в пакете Solid Works. В геометрическую модель фрезы с целью ее конструктивного упрощения при выполнении последующих расчетов в пакете LS-DYNA авторами внесены определенные изменения. Это обеспечило возможности формирования корректных конечно-элементных моделей обрабатываемого анизотропного материала и режущего инструмента [1].

На специальном языке описания пакета LS-Dyna указывались следующие карты: для инициализации дискретных частиц: *CONTROL_DISCRETE_ELEMENT; для указания части модели, использующих дискретные частицы: *PART, *SECTION_SOLID, *MAT_ELASTIC; для инициализации геометрических объемов, в которых дискретные частицы будут взаимодействовать с моделями фрезы и режущей пластины: *DEFINE_BOX, *DEFINE_DE_ACTIVE_REGION, *DEFINE_DE_BOND; карта изменения во времени скорости горизонтальной подачи древесного материала при встречном фрезеровании: *DEFINE_CURVE и др.

В результате выполненных суперкомпьютерных экспериментов на параллельных архитектурах СКИФ в лицензионном пакете нелинейного динамического анализа LS-DYNA по созданным моделям получены верифицированные значения сил резания (давления) на поверхностях ножа, значений мощности резания, параметров технологической стойкости лезвия при обработке древесины как анизотропного материала (рис.4) [2]. Эти результаты могут быть использованы для построения математических моделей и разработке новых методов оптимизации и адаптивного управления параметрами технологических процессов высокоскоростной обработки древесных материалов, позволяющих прогнозировать рациональные режимы резания и конструкции ресурсосберегающего инструмента [3].

Построены корректные геометрические и конечно-элементные модели анизотропного обрабатываемого древесного материала и модели фрезы с наноразмерной режущей вставкой, создающей предпосылки для реализации процессов самозатачивания инструмента в процессе его эксплуатации. В качестве вычислительных суперкомпьютерных ресурсов использовались кластеры СКИФ - GPU-NEXT, СКИФ –GEO – office, а также самый высокопроизводительный на данный момент в РБ кластер СКИФ –GEO –ЦОД. Перечисленные системы входят в состав национальной научно-образовательной грид-сети и могут использоваться сертифицированными пользователями с любого рабочего места, располагающего выходом в глобальную сеть Интернет.

ЛИТЕРАТУРА

1. LS-DYNA: keyword user's manual, Livermore Software Technology Corporation, jan 2007, v. 971, 2196 p.
2. Раповец, В.В. Методика расчета мощности в программной среде LS-DYNA через мгновенные значения сил и скоростей резания при фрезеровании древесины / В.В. Раповец, И.К. Клепацкий, С.В. Медведев, Г.Г. Иванец // Труды БГТУ. – 2018. – Сер.1, №2 (210): Лесная и деревообаб. пром-сть.– С. 290-295.
3. Пантелеев, А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах: учеб. пособие / А.В. Пантелеев, Т.А. Летова. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2005. – 544 с.

УДК 625.764

А.В. Вавилов, проф., д-р техн. наук (БНТУ, г. Минск)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВТОРИЧНЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ ОТХОДОВ ОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

К образуемым в большом количестве отходам органического происхождения относят отходы лесопромышленного комплекса (отходы лесозаготовок, лесопиления, деревообработки и т.д.) отходы от производства: мебельного, гидролизного, строительного, а также жилищно-коммунального хозяйства.

К сожалению и сегодня вышеназванные отходы в большинстве случаев пополняют свалки, нарушая экологическое равновесие. Одной из причин такого положения является отсутствие эффективных технологий и технических средств для сбора отходов органического происхождения и переработки их в полезные востребованные продукты.

На кафедре «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса» (МАДСК) Белорусского национального технического университета (БНТУ) ведется работа по повышению эффективности технологий и технических средств для производства востребованных продуктов из органических отходов путем совершенствования этих технологий и технических средств.

Так, неиспользуемые и накапливаемые отходы мебельных производств в виде ДСП и ДВП, содержащие экологически вредные вещества, предложено подавать в газогенераторные установки, на которых при температуре на уровне 1000°C осуществляется пиролиз и вырабатывается из таких отходов тепловая энергия. Учитывая, что мощность таких установок невелика, состав дымовых газов находится в пределах допустимых норм.

Еще пример. При реновации старых застроек образуются в большом количестве отходы в виде рубероида, в составе которого около 50% содержится битума, который, как известно, является компонентом ремонтных смесей в дорожной отрасли. Путем измельчения рубероида в порошок получается востребованный продукт, заменяющий импортируемый дорогостоящий битум.

Благодаря собранному материалу по перспективным технологиям и оборудованию в БНТУ на кафедре МАДСК открыта специализация «Инновационное оборудование для получения продуктов из отработанных строительных материалов и конструкций».

УДК 621.793.182

С.Д. Латушкина, канд. техн. наук; В.А. Шкробот, асп.
(ГНУ «ФТИ НАН Беларуси»);Д.В. Куис, доц., канд. техн. наук; Ю.Г. Рудько, студ.
(БГТУ, г. Минск)

ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ

В современном мире благодаря быстро растущим потребностям промышленности, а также стремительному развитию технологий, разрабатывается все большее количество новых сталей и сплавов. Постепенно увеличивается как число легирующих элементов, так и их доля в общей массе материалов. В связи с этим получила развитие концепция так называемых высокоэнтропийных соединений. Они представляют собой сплавы, состоящие из 5 и более элементов с примерно равными концентрациями, около 5–30 ат.%. Их главные отличительные особенности состоят в наличии разнородных атомов элементов с разными электронными строениями, размерами и термодинамическими свойствами в кристаллической решетке твердого раствора замещения, что приводит к ее существенному искажению. Это способствует значительному твердорастворному упрочнению и термодинамической стабильности свойств [1]. Так же значительные искажения решетки, вызванные замещением нескольких элементов с различными атомными размерами, приводят к снижению скорости диффузии атомов и усиливает эффект образования и стабилизации твердого раствора, а также способствует уменьшению скорости роста кристаллитов, тем самым вызывая образование наноразмерной структуры [2–3].

Стабильность структуры и состава, а также высокие эксплуатационные характеристики высокоэнтропийных систем дают большие перспективы для формирования на их основе тонкопленочных покрытий, обладающих всеми преимуществами высокоэнтропийных сплавов.

В работе для формирования покрытий применялась технология вакуумно-дугового осаждения при сепарации плазменного потока на установке с двухкатодным распылением (титановый катод, составной катод из алюминия и стали 08X18H10T). В качестве подложки использовались кремниевые пластинки и твердосплавные пластины марки Т15К6. Осаждение покрытий производилось при подаче на подложку потенциала $U_{\text{п}} = -80$ В и постоянном давлении азота $P_{\text{N}} = 4 \cdot 10^{-2}$ Па.

Исследования элементного состава покрытий показали, что соотношение между металлическими атомами и атомами азота близко к эквивалентному. Варьирование тока дуги на титановом катоде приводит

только к существенному изменению соотношения титана и алюминия в покрытии.

Анализ полученных рентгенодифракционных спектров показал, что в покрытиях происходит образование твердого раствора (TiAl)N на основе ГЦК-решетки с внедренными в октаэдрические междуузелья азотными атомами.

Измерения микротвердости показали увеличение значений для образцов с покрытиями в сравнении с исходными твердосплавными пластинами.

Дальнейшие исследования будут направлены на поиски технологических режимов, позволяющих повысить содержания элементов хрома и никеля в составе покрытия, что позволит повысить эксплуатационные характеристики покрытий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фирстов С.А., Горбань В.Ф., Крапивка Н.А. Упрочнение и механические свойства литых высокоэнтропийных сплавов // Композиты и наноматериалы. – 2011. – № 2. – С. 5–20.
2. Senkov O.N., Scott J.M., Senkova S.V. Miracle Microstructure and room temperature properties of a highentropy TaNbHfZrTi alloy // J. of Alloys and Compounds. – 2011. – V. 509. – P. 6043–6048.
3. Wang X.F., Zhang Y., Qiao Y., Chen G.L. // Intermetallics. –2007. –Vol. 15. – P. 357–362.

УДК 669:017

И.Н. Степанкин, доц.; Е.П. Поздняков, ст. преп.;
А.А. Кривенков, ст. преп; А.В. Астрейко
(ГГТУ им. П.О. Сухого);
Д.В. Куис доц. (БГТУ, г. Минск)

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И ПОКАЗАТЕЛИ СВОЙСТВ НАУГЛЕРОЖЕННЫХ СЛОЕВ СТАЛИ 42CRMOS4.

При выборе материалов для изготовления различных деталей конструкционного назначения достаточно широкое распространение получили улучшаемые стали 40X, 35XГСА, 40XH и их аналоги [1]. Дополнительное легирование сильными карбидообразующими элементами позволяет применять их в качестве сплавов при производстве деталей машин, а также деталей инструментальной оснастки, эксплуатация которых проходит в условиях трения или циклического нагружения поверхностного слоя. В настоящее время на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга БМК», г. Жлобин отлажена технология плавки новой марки стали 42CrMoS4 в соответствии с DIN EN 10083, экспортируемой на европейский рынок. В ее химическом составе присутствует молибден, который способствует значительному измельчению аустенитного зерна на стадии нагрева под закалку из-за образования труднорастворимого карбида Mo_2C [1, 2]. Однако поведение стали 42CrMoS4 при различных эксплуатационных характеристиках мало освещено в технической и научной литературе, что является дополнительным препятствием для ее применения отечественными предприятиями.

Целью работы является установление влияния температуры отпуска на структурообразование и значения твердости термоупрочненных науглероженных слоев конструкционной стали 42CrMoS4.

Диффузионное насыщение поверхности образцов осуществлялось путем цементации при температуре 920 °С в течение 8-ми и 12-ти часов. Окончательная термическая обработка заключалась в проведении закалки в масле с температуры 860 °С и трех последовательных отпусков при температурах 200 °С, 400 °С и 600 °С в течение 1 часа каждый.

Проведенные исследования термоупрочненных слоев, сформированных на стали 42CrMoS4 посредством 8-ми и 12-ти часовой цементации, позволили установить, что увеличение температуры отпуска с 200 °С до 400 °С и 600 °С оказало незначительное влияние на объемную долю карбидной фазы, количество которой на поверхности

образцов после 8-ми часовой цементации составляет 34...37 об.% и 65...77 об.% после 12-ти часовой. Однако повышение температуры отпуска отразилось на морфологии карбидных частиц, трансформация которых протекает из угловых и тонких пластин после низкотемпературного отпуска в сферические включения, зарегистрированные после среднего и высокого отпусков. Увеличение температуры окончательной термической обработки также отразилось на толщине заэвтектоидной зоны. После низкого отпуска ее толщина составила около 0,5 мм, а после среднего и высокого отпусков достигла порядка 0,7...0,8 мм. Вероятнее всего это связано с отпуском высокоуглеродистого мартенсита и выделением мелкодисперсных карбидов, располагающихся преимущественно в межзеренных областях модифицированных слоев;

Испытаниями на твердость определено, что при увеличении температуры отпуска снижается градиент твердости от поверхности к сердцевине. Твердость науглероженных слоев после низкого отпуска достигла 63...66 HRC, а сердцевины – 53...56 HRC. При повышении отпуска до 400 °С твердость поверхности данных слоев снизилась до 54...55 HRC, сердцевины до 45...49 HRC. Аналогичная закономерность отмечена при дальнейшем повышении температуры отпуска до 600 °С – твердость поверхности составила 37...39 HRC, а сердцевины – 31...33 HRC. При этом повышение температуры отпуска мало повлияло на общую толщину модифицированных слоев и составила около 1,5 мм после 8-ми часовой цементации и около 1,8 мм после 12-ти часовой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Свидунович, Н. А., Витязь, П. А., Войтов, И. В., Куис, Д. В., Мюрек, М. Н. Выбор и применение материалов : учеб. пособие. В 5 т. Т. 2. Выбор и применение конструкционных сталей. – Минск: Белорусская наука, 2019. – 625 с.
2. Жарский, И.М., Иванова, Н.П., Куис, Д.В., Свидунович Н.А. Материаловедение: учеб. пособие с грифом Минобразования. – Минск: Вышэйшая школа, 2015. – 557 с.

УДК 621.793

Д.В. Куис, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск);
И.О. Соков, доц., канд. техн. наук; Ванюк Э.А., асп.;
Лобко Д.Н., асп. (БНТУ, г. Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ С НАНОУГЛЕРОДНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

Для повышения физико-механических свойств газотермических покрытий перспективным является модифицирование их нанокластерными компонентами, в частности, модификация углерода – фуллерены.

Однако, несмотря на обнадеживающие результаты многих поисковых исследований, сейчас нет промышленных производств и технологий, в которых бы широко применялись фуллерены, т.к. они по-прежнему очень дороги и под словом «фуллерен» обычно имеют в виду чистый C_{60} и C_{70} , в крайнем случае, смесь фуллеренов, забывая о высших фуллеренах и других углеродных нанокластерных образованиях.

Поэтому, не менее интересным материалом, чем чистые фуллерены, является дуговая углеродная сажа. В такой саже кроме фуллеренов имеются другие нанокластерные углеродные структуры, так что такую сажу называют новым нанокластерным материалом.

Особым случаем применения покрытий являются износостойкие покрытия системы Ni – Cr – В – Si, в том числе композиции из них. Такие покрытия позволяют не только увеличить ресурс работы машины и восстановить изношенные детали, но и заменить дефицитные и дорогостоящие материалы более дешевыми. Покрытия на основе Ni – Cr – В – Si обладают высокой твердостью, износостойкостью, устойчивы к химически-активным средам, имеют достаточно высокую рабочую температуру.

В данной работе предлагается применение метода формирования покрытий: газопламенное и плазменное напыление композиционных покрытий, модифицированных нанокластерными компонентами. Достоинством этих методов является возможность нанесения широкого спектра материалов с различными температурами плавления на поверхности различной сложности, формы и размеров.

Для определения влияния количества вводимых нанокластерных компонентов в рамках выполнения проекта поэтапно проводились работы по исследованию влияния добавок нанокластерных компонентов в количестве до 10 % на структурное состояние и свойства образцов газотермических композиционных покрытий.

Исследованиями установлено, что структура покрытий после напыления характеризуется значительной неоднородностью как внутри отдельных частиц, так и по покрытию в целом. Такая картина наблюдается при различных режимах напыления и вне зависимости от состава композиции. Неравномерность структуры покрытий обусловлена двумя факторами. Во-первых, – неоднородностью исходных частиц, гомогенизация которых в процессе напыления находится в начальной стадии; во-вторых, – разными условиями их кристаллизации. Интенсивность теплоотвода зависит от пористости: частицы, окруженные порами, остывают медленнее, а пористость покрытия неравномерна.

Покрытия после напыления характеризуются гетерогенностью структуры как внутри отдельных частиц, так и по покрытию в целом, что обусловлено технологическими особенностями газотермического напыления (послойное формирование покрытия) и способом ввода модифицирующих наноконпонентов (механическая смесь). Такая картина наблюдается при различных режимах напыления и вне зависимости от состава композиционных материалов. Пористость оплавленных покрытий $\approx 1-3\%$, пористость неоплавленных покрытий $\approx 5\%$. При этом исследования показали, что введение наноструктурированного углерода и самофлюсующихся порошков, позволило уменьшить пористость покрытий. Эти частицы в покрытиях выполняют роль уплотнителя при формировании покрытия и заполняют поры, что определено микрорентгеноспектральным анализом, которые возникают при использовании «чистого» порошка. Оплавление обеспечивает диффузию углерода в основу и тем самым формирование упрочненного переходного слоя.

УДК 621.74:669.13

А.С. Раковец, ассист.; Д.В. Куис, доц., канд. техн. наук;
Н.А. Свидуневич, проф., д-р техн. наук; Л.З. Писаренко, научн. сотр.
(БГТУ, г. Минск)

ОСОБЕННОСТИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ СЕРОГО ЧУГУНА, РАБОТАЮЩЕГО В УСЛОВИЯХ ЧАСТЫХ ТЕРМОСМЕН

В настоящее время существует два типа тормозных систем – барабанные и дисковые. Впервые тормозные механизмы дискового типа применили в конце 40-х годов XX в., а с 70-х барабанные тормоза на передних колесах заменили на дисковые на всех автомобилях.

Материал для изготовления тормозных дисков и барабанов должен характеризоваться хорошими фрикционными свойствами,

быть стойким к разрушающим воздействиям внешней среды и, конечно же, обладать высокой термоциклической стойкостью.

Чаще всего тормозные барабаны и диски изготавливают из чугуна.

Тормозные барабаны и тормозные диски спроектированы таким образом, чтобы противостоять самому тяжелому варианту появления термического напряжения при каждом применении тормозов, но многократные применения тормозов вызывают усталостные трещины.

В работе были проведены исследования составов модификаторов повышающих термоциклическую стойкость отливок фрикционно-тормозной группы. Целью исследования было изучения влияния различных составов модификаторов на структуру, глубину отбела, измельчение эвтектического зерна и термоциклическую стойкость полученных отливок.

В качестве модификаторов для получения отливок был использован ферросиликобарий и графит, с различным их процентным содержанием в комплексном модификаторе, ковшевая добавка вводилась в виде смеси графита и ферросиликобария в количестве 0,2-0,6% от массы жидкого металла. Введение ферросиликобария в составе модификатора способствует увеличению длины графитных включений, увеличению их количества, увеличению числа эвтектических зерен, получению отливок без отбела.

Для испытания на термоциклическую стойкость тормозные барабаны трактора испытывали путем нагрева поверхности токами высокой частоты до 600°C с последующим быстрым охлаждением в воде до комнатной температуры.

В лабораторных условиях было получено несколько партий литых заготовок тормозных барабанов. Установлено, что ковшевые добавки модификатора в количестве 0,3-0,4% от массы жидкого металла обеспечивают наибольшее число циклов «нагрев-охлаждение» до 18-26 циклов. При этом повышается предел прочности на разрыв со 190 МПа для не модифицированного до 220-240 МПа при добавках модификатора 0,3-0,4%. При добавках модификатора 0,5-0,6% идет уменьшение числа циклов теплосмен до 15-20, а также снижения прочности до 150-170 МПа, при этом исключается отбел чугуна. Падение прочности и термоциклической стойкости связано с огрублением структуры пластинчатых включений графита и появлением участков феррита. Оптимальным следует считать добавки 0,3-0,4% модификатора, которые обеспечивают максимальное число циклов «нагрев-охлаждение», максимальное число эвтектических зерен и достаточно высокие механические свойства/

Неориентированные включения графита, получившиеся при модифицировании чугуна, играют роль термокомпенсаторов при

циклических нагревах и охлаждениях, способствуя повышению их термоциклической стойкости.

Проведенные испытания тормозных барабанов на тепловой удар показали, что выход из строя опытных тормозных дисков и барабанов в условиях аварийного торможения менее вероятен. Использование модификатора из графита и ферросиликобария без изменения технологии получения отливок позволяет повысить качество и надежность деталей фрикционно-тормозной группы тракторов, автомобилей и других машин, имеющих в своей конструкции такие элементы.

УДК669.24/29.018:[539/25+539/26]

Н.А. Свидунович, проф., д-р техн. наук;
Д.В. Куис, доц., канд. техн. наук; Г.П. Окатова, ст. науч. сотр.
А.С. Раковец, асп.; Ю.Г. Рудько, студ. (БГТУ, г. Минск)

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ НАНОСТРУКТУРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НАНОУГЛЕРОДА С ДОБАВКАМИ БОРА И ЖЕЛЕЗА

Изучение фазовых превращений в системе ультрадисперсных компонентов бор-углерод-железо связано с перспективами синтеза методами нанотехнологии новой нанокерамики с уникальными физико-механическими свойствами с учетом того, что для бора интенсивная пластическая деформация однозначно связана с формированием в композитах наноструктурного состояния.

При создании нового композита бор вводился в ранее полученный композит на основе экстрагированной фуллереновой сажи ($C_{Эфс}$)– $C_{Эфс}$ -10 Мас.%Fe, как показавший лучшие результаты в серии разработанных материалов [1]. Однако доминирующая в образцах композита на основе C -10%Fe связующая "фаза-основа" обладает пониженной трещиностойкостью, проявляющейся в образовании микротрещин при изломе образцов, при замерах микротвердости (допустимая нагрузка без образования микротрещин не более 50-100 г), что и определило направление дальнейших исследований.

Идея заключалась в том, что введение бора как микролегирующей добавки в сочетании с интенсивной пластической деформацией может способствовать доформированию в композите наноструктурного состояния с образованием новых боридных нанофаз и приведет к существенному повышению трещиностойкости – вязкости разрушения матрицы, т. е. увеличению конструкционной прочности композита, что важно для инструментальных и конструкционных материалов.

В качестве исходных компонентов использовались порошки экстрагированной фуллереновой сажи (80% $C_{Эфс}$), аморфный бор марки «А» (10%), микропорошок карбонильного железа (10%).

Приготовление шихты проводилось с обеспечением сохранения нанодисперсности исходных порошков и тщательности их перемешивания путем диспергирования в ультразвуковой ванне и перемешивания в микроатриторе.

Образцы спекались методом термобарической обработки на прессовой установке D0137A [2]. Метод обеспечивает быстрое уплотнение образцов до плотности, близкой к теоретической, с более высоким пределом прочности, повышенной твердостью, более точными размерами.

Для установления оптимальных технологических вариантов образцы спекались при постоянном давлении $P = 4$ ГПа, в температурных пределах 1100-1500 °С и времени спекания 30-140 с.

Исследованиями установлено, что в условиях интенсивной высокотемпературной пластической деформации в композите на основе экстрагированной фуллереновой сажи с добавкой Fe легированием 10% аморфного бора, как и прогнозировалось, произведена нанореструктуризация.

В результате получен композит на основе С-В-Fe гетерофазного аморфно-наноструктурного строения с высокотвердой углеродной матрицей, заполненной упрочняющими нанокристаллитами карбидов и боридов Fe и карбоборидов, и распределенными в матрице особо твердыми частицами углеродной фазы с аморфизированной поверхностью.

При определении трещиностойкости нанокompозита С_{Эфс}-10%B-10%Fe микроиндентирование проводилось на микротвердомере Duramin-5 с фиксированием микроструктуры с отпечатками индентора, значений микротвердости и диагоналей отпечатков.

Определение коэффициента трещиностойкости нанокompозита С_{Эфс}-10%B-10%Fe проводилось по формуле 1:

$$K_{1c} = 0,075 \cdot \frac{P}{a^{3/2}} \cdot 0,3101 \quad (1)$$

где P – нагрузка на индентор (кгс); a – половина диагонали индентора и трещины умноженная на 0,001 (мм); 0,3101 – коэффициент перевода кгс/мм^{3/2} в МПа·м^{1/2}.

Нагрузка на индентор подбиралась по состоянию структуры и микротвердости и составляла 25г – 2000г.

Анализ показал, что значения трещиностойкости фазы-основа в лучших образцах достигают 10 МПа·м^{1/2}.

Таким образом, как и прогнозировалось, легирование бором, обладающим уникальными свойствами, привело к существенным положительным изменениям структуры и свойств нанокompозита С_{Эфс}-10%B-10%Fe: повышению микротвердости, трещиностойкости и упругости матрицы, т. е. к существенному увеличению вязкости разрушения - повышению конструкционной прочности композита, что важно для инструментальных и конструкционных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Урбанович В. С., Куис Д. В., Окатова Г. П., Свидунович Н. А., Ойченко В. М., Баран Л. В. Влияние режимов термобарической обработки наноглерода под высоким давлением на образование и тонкую структуру сверхтвердой фазы. Материал конференции // Изв. вузов. Сер. Химия и хим. технология. 2013. Т. 56, № 5. С. 31-35.
2. Урбанович В. С., Шкатуло Г. Г. Компьютеризованный комплекс для спекания нанокерамики при высоких давлениях // Порошковая металлургия. 2003. № 1/2. С. 21-27.

УДК (628.393.614.8)

Г.И. Касперов, доц., канд. техн. наук; Я.В.Тризнюк, студ.
(БГТУ, г. Минск)

Э.И. Михневич, проф., д-р техн. наук;
В.Е.Левкевич, проф., д-р. техн. наук
(БНТУ, г. Минск)

**ЗАРУБЕЖНЫЙ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ
В ОБЛАСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ
БОРТОВ КАРЬЕРНЫХ ВОДОЕМОВ**

Выполненный анализ научных и литературных источников показал, что в Беларуси эксплуатируется более четырех тысяч карьеров из них более шестидесяти промышленные карьеры с большой глубиной выработки (более 20м) и возможным образованием карьерных водоемов, затрудняющих эксплуатацию объектов. Для оценки и прогнозирования устойчивости бортов карьерных водоемов нами рассмотрены различные методики, которые используются в классических методиках механики грунтов.

В докладе рассматриваются результаты исследований, выполненных в 2019 году по ГПНИ «Информатика, космос и безопасность», задание 3.1.33. В исследованиях участвовали работники Белорусского государственного технологического университета, Белорусского национального технического университета, Объединенного института проблем информатики НАН Беларуси. Карьеры рассматривались, как источники опасных техногенных процессов и явлений. В основу большинства из методов расчета устойчивости положен закон сохранения массы и расчета соотношения сдвигающих и удерживающих сил, которые определяют коэффициент устойчивости и состояние откоса.

Наиболее распространенными являются инженерные методы, основанные на силовых схемах равновесия грунтовых массивов. К инженерным методам расчета устойчивости откосов нами отнесены;

- устойчивость откоса из идеально сыпучего грунта;
- метод круглоцилиндрических поверхностей;
- расчет устойчивости по методу Г.М. Шахунянца;
- устойчивость вертикального откоса в связном грунте;
- метод расчета оползневого давления по гипотезе разрывных блоков;
- метод расчёта с учётом фильтрационных сил.

Анализируя изложенные методы расчёта устойчивости бортов карьеров, можно сделать вывод, что:

1. Они не учитывают процессы деформирования бортов карьеров в следствии опасных и неблагоприятных метеоявлений;

2. Влияние данных процессов на борта карьеров и их отвалообразований может занимать продолжительное время, вследствие чего устойчивость откосов будет нарушаться продолжительное время, до наступления предельного состояния.

3. В изложенных методах расчета устойчивости откосов и склонов, основанных на гипотезах о круглоцилиндрической форме, наиболее вероятной поверхности скольжения либо теории предельного равновесия разработаны на основе коэффициента устойчивости грунта, а также его физико-механических свойствах. При расчёте по данным методикам можно получить характеристики устойчивого откоса. Однако они не позволяют учесть при проведении расчетов воздействия на грунт климатических факторов, вследствие которых будет происходить изменение коэффициента устойчивости грунта и его физико-механических свойств. Так же прочностные свойства грунта нарушаются из-за его разуплотнения, вследствие влияния климатических факторов.

4. В условиях Республики Беларусь наиболее приемлемой методикой расчёта устойчивости откосов является метод Шахунянца. Также можно использовать метод круглоцилиндрических поверхностей, но данный метод не годится для промышленных карьеров с обводнённым дном, так как не учитывает подпор воды.

УДК (628.393.614.8)

Г.И. Касперов, доц., канд. техн. наук;
Я.В.Тризнюк, студ.
(БГТУ, г. Минск);
Э.И. Михневич, проф., д-р техн. наук;
В.Е. Левкевич, проф., д-р техн. наук
(БНТУ, г. Минск)

КЛАССИФИКАЦИЯ НАРУШЕНИЙ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРНЫХ ВОДОЕМОВ

В докладе рассматриваются результаты исследований, выполненных в 2019 году по заданию 3.1.33 «Разработать комплексную оценку влияния карьерных водоемов на безопасность эксплуатации карьеров в местах добычи полезных ископаемых» ГПНИ «Информатика, космос и безопасность»,

В результате снятия природной нагрузки и воздействия горно-технических факторов в приоткосных массивах карьеров реализуются горно-геологические процессы, которые вызывают различные горно-геологические явления. Нарушения устойчивости откосов имеют место на многих карьерах и наносят существенный социальный и экономический ущерб. В связи с этим большое значение имеют надежная оценка и своевременное прогнозирование устойчивости откосов в различных природных условиях. Такая цель может быть достигнута при классификации нарушения устойчивости откосов. Главной задачей при классификации является выбор системообразующих признаков. Необходимо, чтобы эти признаки можно было легко и надежно определять, они должны быть наблюдаемыми и измеряемыми. В соответствии со сформулированной целью выбрано три системообразующих признака: механизм нарушения устойчивости, местоположение поверхности или зоны разрушения относительно контура выработки или отвала и состояние пород.

Для выделения типов нарушения устойчивости откосов карьеров использовались также дополнительные критериальные признаки. Ниже приводится классификация нарушений устойчивости бортов (откосов): осадки, оползни, обрушения и вывалы, оплывины и оплывание, осадка, оползень контактный, оползень простой, обвал и обрушение, осыпь, промоина.

УДК (628.393.614.8)

Г.И. Касперов, доц., канд. техн. наук;
А.В. Байдук, студ;
(БГТУ, г. Минск);
Э.И. Михневич, проф., д-р. техн. наук;
В.Е. Левкевич, проф., д-р. техн. наук;
(БНТУ, г. Минск)

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ И УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА СУДОХОДНЫХ РЕКАХ

На основании подходов по оценке условий, приводящих к возникновению чрезвычайных ситуаций, проводилось определение их основных параметров. Так, для судоходных рек и каналов, условия возникновения чрезвычайных ситуаций зависят от следующих параметров: уклоны реки и скорости течения, характер грунтов, слагающих русло и пойму реки, рельеф речного бассейна, его почвенно-грунтовые и растительные условия, влияющие на объем поступления наносов, водный режим реки, в частности интенсивность весеннего половодья и дождевых паводков, характер ледовых явлений, наличие на реке гидротехнических и сплавных сооружений.

Учитывая основные параметры, от которых зависят характеристики водного объекта, можно сделать вывод об условиях, способствующих возникновению чрезвычайных ситуаций, к которым относятся:

- наводнения, паводки, половодья с попеременным изменением уровня воды;
- подмыв берегов рек, размыв дна, выработка продольного профиля, способствующее отступанию кромки берега и образованию затонов;
- спрямление русел рек в результате естественных процессов, связанных с параметрами реки и ее течением, что в свою очередь способствует отторжению больших площадей поймы и образованию «стариц»;
- зарастание поймы реки и последующее ее заболачивание, что затрудняет перемещение по водной глади и изменяет территорию вокруг;
- плоскостная эрозия приводит к постепенному смыву плодородной части грунта с последующей деградацией земель;
- линейная (овражная) эрозия активизируется в результате сильных дождей с последующим вымывом грунта и образованием глубоких, широких и длинных оврагов, врезающихся в берег;

– обвалы и осыпи береговых склонов, что может способствовать образованию волны вытеснения;

– оползни различных по составу грунтов береговых склонов приводит к изменению русла реки, а также, перемещению с грунтом древесно-кустарниковой растительности;

– движение льда в период таяния может привести к разрушению береговых склонов и дорожно-транспортной инфраструктуры как непосредственно проходящей через реку или канал, так и на прилегающей территории.

Выше указаны основные параметры, от которых зависят характеристики водного объекта (реки и канала), выделены условия, способствующие возникновению чрезвычайных ситуаций. Установлено, что условия, способствующие возникновению чрезвычайных ситуаций на реках и каналах, как правило развиваются параллельно с протеканием ЧС природного характера, что увеличивает масштабы бедствия, усложняет их ликвидацию и усугубляет последствия от них.

УДК 621.873.3 : 629.33

М. М. Гарост, доц., канд. техн. наук; С. С. Непарко, студ.
(БНТУ, г. Минск)

РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ КРАНОВ

Автомобильные стреловые самоходные краны общего назначения используются для подъема и опускания грузов и перемещения их на небольшие расстояния в горизонтальной плоскости или при производстве строительно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ на рассредоточенных объектах. Их главная особенность – мобильность.

Одна из современных тенденций в области строительного машиностроения – создание универсальных многоцелевых машин, оснащенных сменными рабочими органами для выполнения широкой гаммы строительных процессов. Производители автомобильных кранов также расширяют их функциональные возможности. Так, ОАО «Клинцовский автокрановый завод» (ОАО «КАЗ») (Россия) наряду с автокранами (рис. 1) производит также подъемники-краны стреловые (рис. 2), которые сочетают в себе возможности двух машин – автомобильного крана грузоподъемностью 25 т с длиной стрелы 32,5 м и подъемника, грузоподъемность люльки которого 250 кг и высота подъема 33 м [1].



**Рисунок 1 - Автомобильный кран
КС-55713-6К «Клинцы»
на базе шасси МАЗ-6303А3**



**Рисунок 2 - Подъемник-кран стреловой
«Клинцы» ПКС-55713-4К-4В**

Универсальность такого технического средства обеспечивается за счет отсутствия необходимости демонтажа крюковой подвески при использовании машины в режиме подъемника, а также благодаря возможности вращения люльки в горизонтальной плоскости в секторе 180°. Люлька в транспортном положении располагается сзади автомобиля (рис. 3).



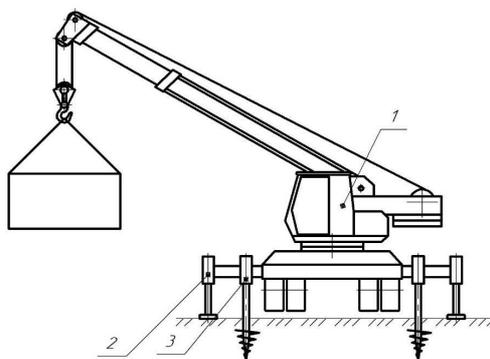
Рисунок 3 - Транспортное положение подъемника-крана ПКС-55713-4К-4В

Возможна дополнительная комплектация крана ПКС-55713-4К-4В решетчатым гуськом длиной 9,0 метров для увеличения общей длины стрелы и подстрелового пространства. Гусек может транспортироваться в составе автокрана.

В Республике Беларусь два предприятия производят автомобильные краны: ОАО «Могилевтрансмаш» и совместное белорусско-китайское предприятие ООО «Зумлион-МАЗ». Автовышки изготавливают ОАО «Пинский завод средств малой механизации» и в Витебске машиностроительный завод «ВИПО». Объединив усилия, вышеназванные предприятия смогли бы создать по аналогии с ОАО «КАЗ» подъемник-автокран отечественного производства.

Обеспечение устойчивости автомобильного крана при проведении различных работ является важнейшим условием их безопасности. Особенно это важно, когда по тем или иным причинам автомо-

бильный кран в процессе эксплуатации подвержен ненормируемым внешним воздействиям, представляющим собой просадку грунта под выносными опорами, ветровые нагрузки и т. д. [2]. Для повышения устойчивости учеными Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (Россия) предлагается оборудовать автомобильный кран грунтовыми якорями (рис.4).



1– автомобильный кран; 2 – аутригер; 3– грунтовый якорь

Рисунок 4 - Автомобильный кран с грунтовыми якорями

Авторами работы [2] доказано, что при завинчивании грунтового якоря автомобильного крана на суглинистых грунтах при выполнении соотношения $D/d > 3$ (где D –диаметр лопасти, d –диаметр винта якоря) возникает эффект самозавинчивания. Следовательно, нужно обеспечить лишь действие крутящего момента, а начальную силу для зацепления грунтового якоря с грунтом можно задать массой машины или устройством завинчивания. При минимальной пористости суглинистого грунта и соотношении $D/d > 3$ эффект самозавинчивания будет возникать в начале заглубления грунтового якоря, что значительно может упростить разработку конструкции выносной опоры грузоподъемного крана[2].

Для автокранов периодически возникает необходимость передвигаться в сложных дорожных условиях, съезжая с асфальта в снег и грязь. Повысить проходимость автокрана можно за счет полноприводного шасси. Однако комплектование базового шасси полноприводной трансмиссией классического, то есть механического, типа с раздаточной коробкой, ведущим передним мостом и дополнительной карданной передачей увеличивает массу крана и повышает потребление топлива. Немецкий концерн DaimlerTrucks разработал более оптимальный вариант для тех машин, которые лишь эпизодически оказываются на бездорожье: гидравлический вспомогательный привод [3]. Такой привод в два с лишним раза легче механического, выполнен необслуживаемым и способен автоматически регулировать величину подаваемого к передним колесам крутящего момента в зависимости от

условий движения. Кроме того, при превышении скорости в 30 км/ч, то есть когда дорожные условия улучшились, гидравлический привод самостоятельно отключает передний мост от трансмиссии. Активация гидравлического вспомогательного привода происходит лишь одним нажатием кнопки. В состав вспомогательного гидропривода входят соединенные посредством гидравлических линий насос высокого давления, передний мост с мотор-колесами, боковой охлаждающий модуль и блок управления клапанами, передающий постоянный объем жидкости из магистрали высокого давления в магистраль низкого давления (рис.5).

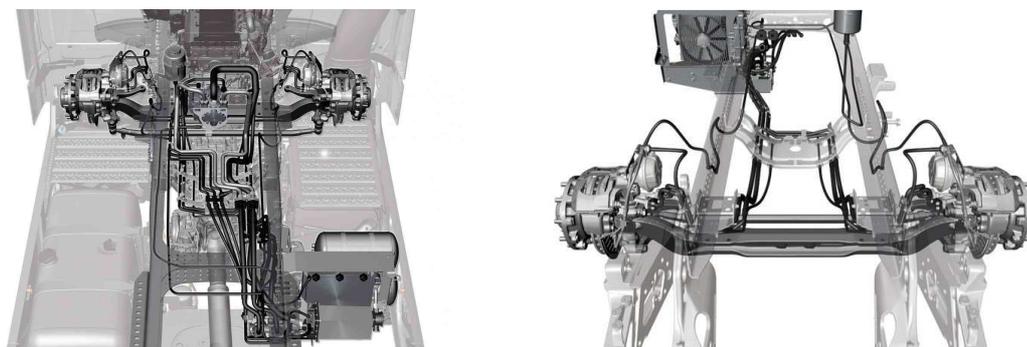


Рисунок 5 - Вспомогательный гидравлический привод автомобиля Mercedes-Benz Arocs HAD

Основной агрегат в данной системе насос с выходной мощностью 112 кВт. Он монтируется на двигателе автомобиля и прокачивает до 350 л/мин рабочей жидкости с давлением 45 МПа. В колесные ступицы переднего моста встроены звездообразные многопоршневые двигатели, превращающие давление жидкости в механическую работу. Выходная мощность каждого из них 40 кВт, а максимальный крутящий момент на каждом из колес – 6250 Нм. Оборудовав автомобильное шасси крана гидравлическим вспомогательным приводом можно превратить обычный автомобиль в автомобиль повышенной проходимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новинки Клинцовского автокранового завода // Строительные и дорожные машины, 2015, №12, с.57.
2. Бычков И. С. Анализ процесса самозавинчивания грунтового якоря // Строительные и дорожные машины, 2019, № 9, с. 21-24.
3. Манаров Н. Mercedes-Benz Arocs HAD. Гидравлический момент // Спецтехника и коммерческий транспорт, 2015, №5, с.36-37.

РЕМОНТ ЛЕСНЫХ ГРУНТОВЫХ ДОРОГ ПОСЛЕПРОХОЖДЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

В Беларуси, по данным Минскоблдорстроя, находятся десятки тысяч километров грунтовых дорог, большая часть из них – лесные. Под воздействием колес современной лесной техники: харвестеров и форвардеров на дорогах образуются глубокие колеи, что в первую очередь сказывается на снижении проездежности по ним, и как следствие, снижение производительности в лесной промышленности.

Зарубежный опыт показывает успешное применение для ремонта грунтовых дорог малогабаритного прицепного скрепера. Наиболее подходящей моделью для данного вида работ является прицепной скрепер упрощенной конструкции голландской фирмы АП Машинобув. Объем перевозимого грунта 6 м^3 (рисунок 1). Рабочая ширина ножа 2,3 метра, вес 2 тонны, агрегатируется трактором мощностью 80-120 л.с [1].

Габариты машины и ее возможности идеально подходят для целей содержания грунтовых лесных дорог и засыпки колеи, позволяя значительно снизить себестоимость ремонта дорог за счет сокращения числа задействованной техники и персонала (один человек и одна машина делают всю работу). Эта машина одна способна выполнять все основные операции и заменяет фронтальный погрузчик (погрузка грунта для подсыпки дорог и транспортировка грунта к нужному месту), бульдозер (разравнивание грунта на месте его выгрузки и окончательная планировка).

Преимуществом является совмещение операций, небольшие затраты на ремонт дорог за счет сокращения холостого пробега машины, единиц задействованной техники и персонала. Главным недостатком является отсутствие белорусского аналога. Сегодня один такой скрепер успешно эксплуатируется в ГОЛХУ «Стародорожский опытный лесхоз», и с целью импортозамещения был проведен тяговый расчет скрепера по известной методике [2]. В качестве базовой машины применялся трактор МТЗ – 1221.

Сила сопротивления движению скрепера при копании грунта - величина переменная, она достигает максимального значения на заключительной стадии заполнения ковша. Этот момент, как наибольший, принимают за расчетный. Потребное для работы тяговое усилие расходуется на преодоление сопротивления грунта резанию, сопротивления перемещения груженого скрепера, от сопротивления пере-

Б. П. Сафонов д-р техн. наук, зав. кафедрой
(НИ РХТУ г. Новомосковск, Россия)

КРИТЕРИИ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОВЕРШЕНСТВА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В настоящее время в химической и других отраслях промышленности эксплуатируется однотипное оборудование (реакторы, теплообменники, силовые установки и др.), произведенное в разных странах. При этом отсутствуют объективные критерии сравнения технического совершенства однотипного оборудования, что затрудняет обоснованный выбор поставщика оборудования.

Вопросы оценки технического совершенства производственного оборудования находятся в поле зрения специалистов [1, 2]. При этом оценивается функциональность, надёжность, долговечность и другие компоненты технического совершенства оборудования. В общем случае техническое совершенство производственного оборудования можно оценить некоторым комплексным критерием KTC_{Σ}

$$KTC_{\Sigma} = \Sigma KTC_i, \quad (1)$$

здесь KTC_{Σ} – комплексный критерий технического совершенства производственного оборудования; KTC_i – компонента критерия технического совершенства производственного оборудования.

Значение критерия KTC_{Σ} , определяемое из выражения (1) следует рассматривать как некий показатель, состоящий из ряда разнородных компонентов, знак суммы в выражении (1) при этом имеет только смысловое значение. Основными компонентами KTC_{Σ} являются: KTC_{Φ} – критерий функциональности; $KTC_{Н}$ – критерий надёжности; $KTC_{Д}$ – критерий долговечности.

KTC_{Φ} является главным компонентом KTC_{Σ} , он показывает степень приближения рассматриваемого оборудования к достигнутому уровню функциональности для данного вида оборудования (технологическое оборудование, транспортирующее, дробильное и др.). Для определения KTC_{Φ} можно использовать метод прецедентов, при котором значение KTC_{Φ} представляет собой отношение величины выбранного показателя функциональности $ПФ_i$ (производительность, несущая способность и др.) для рассматриваемого варианта к величине показателя функциональности $ПФ_{л}$ признанных лидеров в данной области машиностроения.

$$KTC_{\Phi} = \frac{ПФ_i}{ПФ_{л}} \quad (2)$$

Критерий функциональности при этом должен быть меньше или равен единице $KTC_{\Phi} \leq 1$, в противном случае был ошибочно назначен

«лидер» для анализируемого технического объекта и, как результат, неверно выбрана величина ПФл. KTC_H определяется методами теории надёжности применительно к рассматриваемому объекту [3, 4]. Для анализируемого производственного объекта должно выполняться условие надёжности

$$KTC_{Hi} \geq [KTC_H], \quad (3)$$

здесь $[KTC_H]$ – нормативное значение коэффициента надёжности для определённой группы производственных объектов.

Следует отметить, что оценка технического объекта по критерию надёжности KTC_H в настоящее время не может быть в полной мере реализована, т.к. в настоящее время отсутствуют систематизированные данные по нормативному уровню показателей надёжности для различных групп технических объектов и общепринятые методики определения показателей надёжности для них.

Оценка технического совершенства производственного оборудования неразрывно связана с разработкой методов рационального выбора материала деталей, определяющих работоспособность оборудования в целом.

Для химического машиностроения характерен широкий спектр параметров условий работы оборудования: давление до 30 МПа и выше в аппаратах высокого давления, температуры до 1000-1200°C в печах и до -260°C в установках разделения воздуха, коррозионно-активные среды в технологических агрегатах и трубопроводах, скорости скольжения в опорах компрессоров до 100 м/с при частотах вращения валов до 50000 мин⁻¹. Причем возможны сочетания условий работы, делающие затруднительным выбор материала ответственных деталей, опираясь на свойства конструкционных материалов, определяемые стандартными методами (прочность и пластичность по ГОСТ1497-84, твердость по ГОСТ9013-59, ударная вязкость по ГОСТ9454-78, длительная прочность по ГОСТ10145-81 и др.).

При анализе условий работы деталей оборудования введено [5] понятие функциональной нагрузки, под которой предложено понимать некоторые внешние воздействия на конкретную деталь при штатных условиях эксплуатации. Функциональную нагрузку ΦN_{Σ} , воспринимаемую деталью в процессе эксплуатации технического устройства, предложено рассматривать состоящей из четырех компонентов нагружения – составляющих суммарной функциональной нагрузки:

$$\Phi N_{\Sigma} = \Phi N_M + \Phi N_T + \Phi N_X + \Phi N_K = \Sigma \Phi N_i \quad (4)$$

Механический компонент ΦN_M функциональной нагрузки имеет место, когда в процессе эксплуатации под действием приложенных к детали или передаваемых деталью сил происходит механическое воз-

действие на материал детали, приводящее к деформациям материала. Данный компонент функциональной нагрузки для большинства элементов технических устройств (обечайки, трубные решетки, валы, элементы передач, упругие элементы, опоры и др.) является основным, поскольку отказ, сопровождающийся разрушением материала детали разной степени локализации, происходит преимущественно в результате механического нагружения.

Наличие термического компонента $\Phi_{НТ}$ функциональной нагрузки материала детали обусловлено процессами старения материала под нагрузкой и выражается в разупрочнении или охрупчивании материала при рабочих температурах.

Химический компонент $\Phi_{НХ}$ функциональной нагрузки проявляется в химическом воздействии на материал детали со стороны рабочих и технологических сред, а в ряде случаев и атмосферного воздуха.

Контактный или трибологический компонент $\Phi_{НК}$ функциональной нагрузки обусловлен наличием в материале детали контактной деформации. Данный компонент функциональной нагрузки является основным для подвижных соединений (трибосопряжений) деталей машин.

Таким образом, оценка технического совершенства производственного оборудования является комплексной задачей, решение которой предполагается использовать комплексный критерий технического совершенства оборудования, характеризующий его функциональность, надёжность и долговечность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьева Т.А., Блиничев В.Н. Надёжность химико-технологических производств. Иван. гос. хим.-технол. ун-т.: Иваново, 2007. – 199 с.
2. Гольдштейн Г.Я. Инновационный менеджмент. Таганрог: изд-во ТРГТУ, 1998. 132 с.
3. Зубова А.Ф. Надёжность машин и аппаратов химических производств. Л.: Машиностроение, 1978. – 214 с.
4. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.З. Надёжность машин. М.: Высшая школа, 1988. – 238 с.
5. Сафонов Б.П. Виды нагружения деталей и эксплуатационные свойства конструкционных материалов. Инженерная механика, материаловедение и надёжность оборудования. Сборник трудов НИ РХТУ, №5 (13), Новомосковск, 2004, с.15-22.

УДК 677.017.2/.7

С. С.Алиев ассист.; А. Б. Жураев, проф., д-р техн. наук;
Г. У. Ильхамов, ст. преп.; Хабибуллаев Р. А., доц, канд. техн. наук
(Ташкентский химико-технологический институт г. Ташкент)

ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИ-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДПК НА ОСНОВЕ ПВХ

В настоящее время в ряде развитых стран Европы и Азии широко используется сырье на основе инновационных технологий в области строительства и производства мебели. Основу этого сырья и материалов составляют высокомолекулярные соединения - полимеры. Преимущества этих продуктов:

- Эти материалы и материалы на основе полимеров значительно длиннее, чем остальные природные материалы и материалы, в зависимости от физических, механических и химических свойств полимеров.

- Эти материалы на полимерной основе на 100% устойчивы к влаге и воде, поэтому срок службы этих продуктов составляет не менее 20 лет, а для некоторых типов - до 50 лет.

- Эти материалы могут обрабатываться любым типом строительной техники, в зависимости от области применения.

- Одним из положительных аспектов этих материалов и материалов является то, что их естественный цвет и текстура при их производстве не изменяются в течение длительного времени.

- Еще одна особенность механической прочности этих продуктов и материалов заключается в том, что из-за их высокой механической прочности их можно прикрепить к любому материалу любого размера и веса, который также удерживает различные связующие, используемые в конструкции.

- Эти материалы и материалы на 100% экологически чистые. Это связано с тем, что эти продукты не выделяют в атмосферу различные летучие вещества, токсичные соединения и неприятные запахи.

- Материалы с высокой степенью устойчивости к любым погодным условиям. Он способен выдерживать ультрафиолетовые лучи солнца и долго сохранять текстуру поверхности.

- Эти продукты на основе полимеров устойчивы к коррозии, различным агрессивным воздействиям, солям, щелочам при низких концентрациях, а также к кислотности и различным деформациям.

- Помимо вышеупомянутых преимуществ, другой особенностью этого типа материала является то, что его можно изготавливать в любой форме.

Полиэтилен низкого давления использовался в основном при производстве деревянных полимерных композитов. Тогда ученые

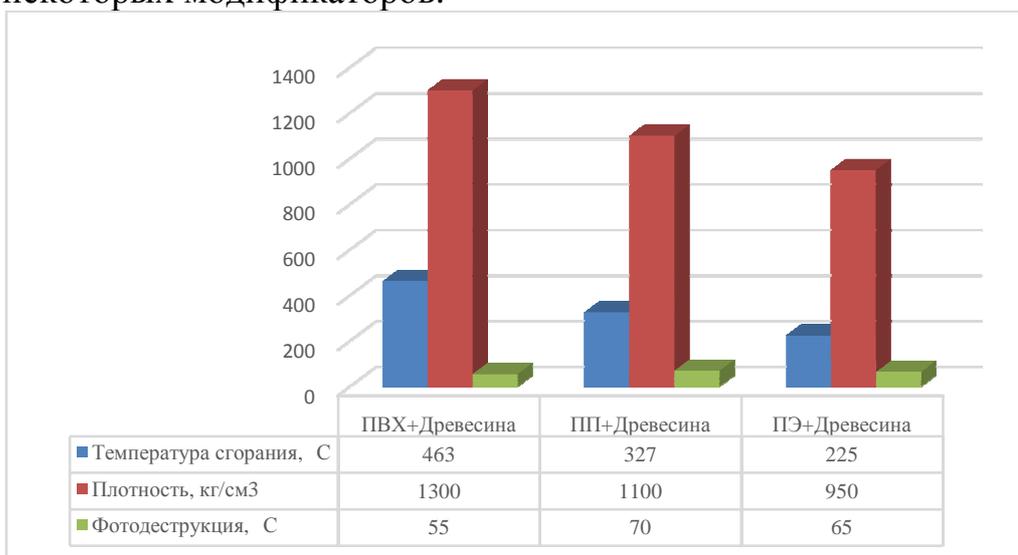
страны, начавшие производство этих продуктов, увидели несколько недостатков в тестировании древесно-полимерных композитов на различные свойства, а именно: требуемую плотность, низкую теплоустойчивость и быстрый рост цен на полиэтилен. Рост цен на первичный полиэтилен привел к еще одному прорыву в этой области, а именно, была разработана технология внедрения вторичного полиэтилена при производстве вторичного полиэтилена. Основной целью этой технологии было снижение себестоимости выпускаемой продукции. Однако научные исследования получения композиционного материала путем смешивания древесины с другими полимерами для повышения физико-механических свойств продукта не прекратились. В этих исследованиях три различных типа полимера были использованы для получения древесных полимерных композитов. Из-за того, что эти полимеры прикрепляются к дереву, это считалось положительным. Это полиэтилен, поливинилхлорид, полипропилен. Результаты этих исследований были проанализированы и рассмотрены. Эти три полимера и образцы композитов на основе древесины были испытаны в основном на их физико-механические свойства, поскольку эти материалы в основном используются в строительстве и производстве мебели с учетом этих свойств материалов. В этих исследованиях использовались первичные и вторичные ПВХ, ПЭ, ПП, и результаты этих исследований показали, что физико-механические свойства материалов на основе ПВХ в этих трех материалах на основе полимеров значительно выше, чем у двух других полимеров. Эти исследования были основаны на тех же трех типах полимеров и древесины, и были проведены в Узбекистане со следующими результатами (табл. 1).

Таблица 1

№	Физико-химические свойства	ПВХ	ПП	ПЭ
1	Плотность, кг/см ³	1200-1350	1000-1100	950-1000
2	Воспламеняемость	не горит	горит	горит
3	Устойчивость к солнечному свету, (фотодеструкция)	не меняет свой внешний вид и форму до 45-55 ⁰ С	когда температура падает, продукт становится тоньше	деформация наблюдалась при повышении температуры солнечного света
4	Прочность при изгибе, МПа	60-65	35-40	25-30
5	Стойкость к растяжению, МПа	35	25	15
6	Ударопрочность, Н/мм ²	120-160	100	80
7	Общий показатель всех свойств	***	**	*

Помимо этих показателей, при изучении процесса сгорания ПВХ и изделий из дерева вакуум не сжигался, а растворялся при 465 ° С. Основным недостатком композиционных материалов на основе ПВХ

является фотодеструкция. Но пути преодоления этого разрыва также были изучены. В то же время поверхность этих материалов обрабатывается поглотителями ультрафиолета, которые обладают высокой устойчивостью к солнечному свету и другим ультрафиолетовым лучам. Существуют также способы улучшения физико-механических свойств материалов на основе полиэтилена и полипропилена с добавлением некоторых модификаторов.



Из результатов вышеуказанного исследования мы можем сделать вывод, что, прежде всего, полимерные композиционные материалы, будь то в мебельной промышленности или в строительной промышленности, показывают, что их физико-механические свойства намного превосходят деревянные материалы и материалы на основе древесины. Кроме того, в нашем исследовании мы обнаружили, что результаты изделий из ПВХ значительно выше, чем у других полимеров, исходя из их физико-механических свойств. Наши последующие научные исследования, как мы уже упоминали, являются основными химическими веществами, используемыми для производства этих продуктов, насколько это возможно, из-за их локализации.

FACTORS IN THE DEVELOPMENT OF NATIONAL ART

The Ferghana Valley has been a center of national crafts since ancient times.

It is crucial that the valley has been a center of science, culture and enlightenment since ancient times. In Rishtan, Marghilan, Shohamardon, Andijan, Asaka, Chust, Pop, Kokand and many other cities in the valley, many directions of national crafts were formed and developed and passed down from generation to generation. Chust has a special place among these cities.

In Chust, handicraft is growing day by day. Chust is a city of industry and crafts since ancient times. For example, Chust boots and Chust knives have been mentioned in many places since ancient times.

Chust knives have been highly valued at exhibitions in India, Turkey, Poland, and Syria.

The important thing is that the famous Chust knife and the Chust skullcap are closely linked to the activities of the Chustic scholar Mevlana Lutfullo.

A tourist arriving in Uzbekistan is often interested in the shape of Uzbek national crafts and the process of making some national handicrafts.

It is known that at present there are several small artisans in Chust. Including Chust knife joint stock company. The company was established in 1970 and started producing home knives and souvenir knives.[1]

Chust knife-makers have worked hard to make knives before the revolution. That is why knives are hard and laborious. Craftsmen worked in dark and damp places for 10 to 14 hours a day.

After the reorganization of the industry in 1966 by the Ministry of Local Industry in the Republic, Chust district was established by the local industrial plant in Chust. This showed its economic effect. At the combine, the knife production was well developed, and one master had to produce 60-80,000 pieces of national knives a year. Thus, the national knife-making industry was developed and polished in Chust.

We are currently focusing on local employment opportunities, especially from school-age students, to opportunities for future employment.[3]

In the process of making knives, the following processes are mainly carried out and the blades of the national knife blade are as follows:

1. Blades of knife blades.

2. Blades of knife blades

3. Blades of household knives.

All blade blades are made of carbon steel. Steels are cut in different sizes and shapes using special rolls.

The following steps are taken when making knife blades:

a) Cutting sheet sheets and cutting of blades into special molds is done by one person on a special machine. The sheets of steel are cut into pieces with scissors and then cut into molds at 100 T press depending on each type of blade;

b) Adjustment of blades is carried out by two persons, namely with the blacksmith and his assistant (these processes of national crafts are explained to tourists from abroad during a guided tour or group tour). During this process, the bladder is heated in the fire, the hammer is stretched, and the bladder is adjusted;

c) Initial sharpening tool.

This tool is powered by a saw mill, with blades giving the Grade 5 smoothness.

d) a soft sharpening tool. This process is carried out on a fine sandy shingle (a sharpening machine), after which the blade blades give a grade 7 smoothness;

d) blower remover. This process is carried out in chamber electric ovens. During blasting operations, blade blades are cooled to 800 ° C and cooled in oil and water.

e) Fabrication of blades. This factor is implemented in the finishing machine. It is made of soft sandstones, and the blades are classed as 8th grade. The Roivel scale is then upgraded to 48-50, reaching the specified hardness level.

g) Ready blades are lubricated, sorted and started to collect: the blades of other types of blades are made in the same way.

Groove (souvenir) knife is made by the following methods:

a) glazing of the blade (on the sharpening machine), gluing the copper to the brush by welding it with copper;

b) handle the blade;

c) preparation of flowers for laying flowers;

d) placing wreaths (dissolving tin);

e) embroidery and flowering (with sawing, blue carving, flower decoration);

e) Inspection of piles with a drilling rig;

j) lacquer painting, stamping and final finishing (blush paper). If the knife and the handle are of the animal king, then use a drill tool to wrap around the eyes of the pie around the circle, using a drill, and apply a mixture

of mercury with tin. These methods are used to produce a knife with a knife.

Knife patterns dating back to the 16th and 21st centuries show that metal composition, knife making techniques and decorations have changed and evolved.[5]

Chust has long been distinguished by its skullcap. Careful examination of skullcaps plays an important role in our self-awareness and identification of nationalities.

Chust in the Republic of Uzbekistan is distinguished by its knife-making, Chust tyubetey, Chust jewelers and its craftsmanship, as these ancient craftsmen, in particular, Chust tattooing techniques have been in the hands of our grandmothers of Chust from the ancient times. It has developed into a profession, developed, polished and flourished to the level

The dishes included in the artifacts, the remnants of the weaving looms, about 10,000 beads made of precious stones and animal bones, and the ancient musical instruments indicate that such areas as ceramics, textiles, and crafts were developed. These historical monuments provide detailed information on the customs of the ancient Fergana population, the state of territorial development, the development of productive forces, the socio-economic and cultural life.

Thus, the development of Namangan region's economy is considered a priority in the development of national handicrafts, and it is possible to achieve positive results through its wide promotion.

REFERENCES

1. Peshereva.E. M. Pottery production of Central Asia. – M.; L., 1959.
2. Pazvadovskiy.B. Experience in the study of pottery and some other handicraftsin Turkestan region. –Tashkent, 1916.
3. Raximov.M.K. Folk traditions in modern art ceramics of Uzbekistan. –Tashkent. 1964.
4. Rashid Boytullayev.Handicraft during the Sahibkiran // Tashkent evening ,April 7 ,2004.
5. Sergev .B.N.Misery in Uzbekistan–Tashkent, 1960.
6. Handicraft during the Sahibkiran // Tashkent evening,July.2004 .

М. Каршиев, доц., канд. техн. наук;
К. И. Юнусалиева, магистр
(ТХТИ, г. Ташкент)

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЕ ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГРАНАТОВОГО СОКА МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Развитие химии, медицины, металлургии в последнее время точного машиностроения, приборостроения, электроники и других отраслей народного хозяйства требует от порошковой металлургии (ПМ) не только увеличения объема выпуска изделий и материалов из металлических порошков, но и повышение их качества.

По этому по прожнему перед исследователями в области (ПМ) стоит задача создания материалов способных: работать при повышенных и высоких температурах, выдерживать высокие нагрузки, т.е. обладать такими прочностными характеристиками, которые могут обеспечить высокое одноосные и разносные давления жидких и газовых сред, обеспечить высокие проницаемость и тонкость очистки доступность и стоимость материала и технология получения. Наиболее широкое применение ППМ нашли в качестве фильтрующих элементов при очистки жидкости и газов, где необходимо выдерживать высокие перепада давления. Например, для фильтрации расплавов полимеров, отжима различных фруктовых соков, масла, формование влажных масс и материалов.

Постоянное усложнение конструкций различных машин и механизмов, повышение их качества, ужесточение требований к их ресурсу и надежности – все это требует создания пористых проницаемых материалов (ППМ), обладающих повышенными эксплуатационными свойствами, поиска новых методов их изготовления. Однако, как показал анализ литературных данных, посвященных исследованию процессов получения ППМ, их свойства тесно связаны со структурой материала и в рамках традиционной ехнологии невозможно добиться улучшения одной группы войств есурса работы, грязеемкости, коэффициента проницаемости) при сохранение заданных значений другой группы (тонкости чистки, геометрических размеров, механической прочности). В то же время обеспечить требуемое сочетание свойств можно путем целенаправленного регулирования поровой структуры. При этом в качестве наиболее эффективного, но ранее не изученного способа изготовления изделий с высокой механической прочностью и

проницаемостью при заданном размере пор, выбран способ многократного осаждения частиц, мелкодисперсного металлического порошка различных гранулометрического и химического составов из газопылевого потока при помощи вибрации. в ППМ и их припекания к стенкам поровых каналов. Нами были проведены теоретическое и экспериментальное исследования процесса многократного осаждения металлических частиц различного гранулометрического и химического составов из газопылевого потока под воздействием вибрации в поровых каналах ППМ и разработка на этой основе нового технологического процесса регулирования парораспределения ППМ, обеспечивающего получение изделий с более высокими эксплуатационными свойствами, а именно с высокой механической прочностью и проницаемостью при заданном размере пор.

Технологический процесс состоит из следующих операций:

- выбор металлического порошка;
- рассев порошка на фракции;
- изготовление из крупного порошка пористых заготовок;
- выбор размеров и массы осаждаемых мелких порошков;
- помещение заготовки в форму и закрепление на вибростолу;
- поэтапное нанесение слоев мелкого порошка на поверхность пористой заготовки и осаждение их из газопылевого потока воздуха при наложении вибрации (скорость воздуха - 1 м/с, амплитуда вибрации 19-21 м/с², частота вибрации 450-500 Гц);
- повторное спекание заготовки с осажденным порошком при температуре спекания, равной температуре спекания осажденного порошка;
- контроль эксплуатационных свойств готовых изделий.

В результате выполненных исследований получены:

1. Теоретически обоснован способ многократного осаждения частиц из газопылевого потока при помощи вибрации как эффективный метод изменения и регулирования парораспределения ППМ.

2. Разработаны методы расчета фильтрующих и механических свойств ППМ, получаемых способом многократного осаждения, и доказано, что получаемая поровая структура обладает при заданном размере пор повышенной проницаемостью и высокой механической прочностью. Экспериментально определены закономерности изменения поровой структуры и механических свойств ППМ и установлено оптимальные режимы осаждения.

3. Разработан и внедрен новый технологический процесс изготовления фильтрующих элементов для очистки гранатовых соков с

высокой механической прочностью и проницаемостью при заданном размере пор.

Таким образом, использование фильтрующих элементов для очистки гранатовых соков, получаемых методом многократного осаждения мелких частиц в пористую заготовку из газопылевого потока воздуха при помощи вибрации позволит увеличить производительность и ресурс работы в 2 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пористые проницаемые материалы: Справ./ Под ред. С.В.Белова; С.В.Белов, П.А.Витязь, В.К. Шелег и др. - М. : Металлургия, 1987 – 333 с.

2. Косторнов А.Г. Проницаемые металлические волов новые материалы. – Киев : Техника, 1983. - 128 с.

3. Витязь П.А., Капцевич В.М., Шелег ВК. Пористые порошковые материалы и изделия из них. - Мн.: Вышэйш. шк. - 1987. - 161 с.

4. Пат. 1458295 ФРГ, МКИЗ В 22 3/10 Сбособ изготовления методом порошковой металлургии многослойных пористых формованных изделий.

5. Пат. 47-14249 Япония, МКИЗ В 22 3/12 Способ получения многослойных спеченных пористых элементов цилиндрической формы.

Научное издание

**ЛЕСНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ,
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ДИЗАЙН**

**Материалы докладов 84-й научно-технической конференции
посвященной 90-летию юбилею БГТУ
и Дню белорусской науки
(с международным участием)
Электронный ресурс**

В авторской редакции

Компьютерная верстка:
М.Т. Насковец, Е.О. Черник

Усл. печ. л. 11,52. Уч.-изд. л. 11,16.

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№1/227 от 20.03.2014
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.