



ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ЛЕСА

ЛЕСНОЙ ВЕСТНИК

Научно-информационный журнал

2012 г. № 8(91)

**Координационный
совет журнала**

Главный редактор
А.Н. ОБЛИВИН

Зам. главного редактора
В.Д. НИКИШОВ

Члены совета
В.В. АМАЛИЦКИЙ
М.А. БЫКОВСКИЙ
В.И. ЗАПРУДНОВ
Н.И. КОЖУХОВ
А.В. КОРОЛЬКОВ
В.А. ЛИПАТКИН
Е.И. МАЙОРОВА
М.Д. МЕРЗЛЕНКО
А.К. РЕДЬКИН
А.А. САВИЦКИЙ
Ю.П. СЕМЕНОВ
Д.В. ТУЛУЗАКОВ
В.А. ФРОЛОВА
В.С. ШАЛАЕВ

Ответственный секретарь
Е.А. РАСЕВА

Редактор
В.Б. ИВЛИЕВА
Набор и верстка
М.А. ЗВЕРЕВ
Электронная версия
Н.К. ЗВЕРЕВА

Журнал издается при поддержке
Научно-образовательной
ассоциации лесного комплекса

Журнал зарегистрирован Министерством
РФ по делам печати, телерадиовещания и средств
массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации
ПИ № 77-12923 от 17.06.2002

Журнал входит в перечень утвержденных
ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей
ученых степеней

Материалы настоящего журнала могут быть
перепечатаны и воспроизведены полностью или
частично с письменного разрешения издательства.

Редакция журнала принимает к рассмотрению не публиковавшиеся ранее статьи объемом 5–10 страниц, включая рисунки и таблицы. Требования к представлению материалов приведены в конце номера.

Рукописи, не соответствующие указанным требованиям, не принимаются; статьи, отклоненные редакцией, не возвращаются.

© ГОУ ВПО МГУЛ, 2012

Подписано в печать 14.09.2012.
Тираж 500 экз.
Заказ №
Объем 27,5 п. л.

Издательство Московского государственного университета леса
141005, Мытищи-5, Московская обл.,
1-я Институтская, 1, МГУЛ. (498)687-41-33
les-vest@mgul.ac.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ФГУП «ГНЦ ЛПК» – 70 ЛЕТ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕВОЙ НАУКИ	4
Лесозаготовительное производство и лесное машиностроение	
Клинов М.Ю., Кондратюк В.А., Воскобойников И.В., Крылов В.М., Кондратюк Д.В. СИСТЕМА УНИФИЦИРОВАННЫХ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТ	6
Кондратюк В.А., Воскобойников И.В., Щелоков В.М. О ГОСУДАРСТВЕННОМ УЧЕТЕ ЗАГОТОВЛЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ	9
Кондратюк В.А., Воскобойников И.В., Крылов В.М., Кирилин А.Н., Кондратюк Д.В. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС «УМК-д» НА БАЗЕ МНОГОЦЕЛЕВОГО ДИРИЖАБЛЯ А-300МУ ДЛЯ МОНИТОРИНГА НАЗЕМНОЙ, ВОЗДУШНОЙ И ВОДНОЙ СРЕДЫ, ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ, ОПЕРАТИВНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ И ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ	16
Жеребин А.М., Воскобойников И.В., Щелоков В.М., АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЕТА КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ	19
Кондратюк Д.В., Люманов Р.А. УНИВЕРСАЛЬНАЯ МАШИНА ДЛЯ ЗАГОТОВКИ ДЕРЕВЬЕВ, ХЛЫСТОВ И СОРТИМЕНТОВ	23
Кондратюк Д.В. СИСТЕМА УЧЕТА РАБОТЫ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ	27
Кондратюк В.А., Косарев В.А. ТЕХНОЛОГИЯ ПЯТИКООРДИНАТНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ, ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПЛАСТМАСС И СОЗДАНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕНТРА	31
Кондратюк Д.В., Кравцов Е.В. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЛИСТВЕННЫХ КОРОТКОМЕРНЫХ СОРТИМЕНТОВ	38
Клубничкин Е.Е., Клубничкин В.Е., Крылов В.М., Кондратюк Д.В. ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГУСЕНИЧНОЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИКЛАДНЫХ ПАКЕТОВ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ	41
Клубничкин Е.Е., Клубничкин В.Е., Крылов В.М., Кондратюк Д.В. К ОБОСНОВАНИЮ УДЕЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ГУСЕНИЧНОГО ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ТРАКТОРА	48
Суханов В.С. СУДЬБА РАЗВИТИЯ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ В РУКАХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЕЙ	51
Химико-термическая переработка древесины и древесных отходов	
Воскобойников И.В., Шевченко А.О., Щелоков В.М. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА АКТИВИРОВАННЫХ УГЛЕЙ ИЗ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ	56
Пашкин С.В., Иванова М.А., Щелоков В.М. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ КЛЕЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВОДОРАСТВОРИМОГО БИОКЛЕЯ ИЗ НИЗКОСОРТНОЙ ДРЕВЕСИНЫ	59
Воскобойников И.В., Кондратюк В.А., Иванова М.А., Герман Л.С., Щелоков В.М. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНО ВОЗМОЖНЫХ ВЫХОДОВ МОТОРНЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ ИЗ БИОМАССЫ ДРЕВЕСИНЫ	64
Медведев И.Н., Шамаев В.А., Юдин Р.В., Манаев В.А., Воскобойников И.В. УНИВЕРСАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОПИТКИ ДРЕВЕСИНЫ	70
Шамаев В.А., Воскобойников И.В., Щелоков В.М. РЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ПОПЕРЕК ВОЛОКОН	75
Технология деревянного домостроения	
Кондратюк В.А., Косарев В.А. О ЗАДАЧАХ И ПУТЯХ РАЗВИТИЯ ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ В РОССИИ	79
Кондратюк В.А., Шамаев В.А., Щелоков В.М., Воскобойников И.В. ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА СВЧ СУШКИ И ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТАНОВКИ СУШКИ БРЕВЕН И БРУСА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ДОМОСТРОЕНИЯ	85
Кравцов Е.В. ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗМЕРНО-КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕРЕЗОВЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ	90
Кравцов Е.В. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕЛЬНОМАССИВНОЙ ДОСКИ ПОЛА ИЗ НИЗКОСОРТНОЙ ДРЕВЕСИНЫ	94
Кондратюк В.А., Воскобойников И.В., Щелоков В.М., Петров В.Н. МОДИФИЦИРОВАННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ БРУС	96

Новые материалы лесопромышленного комплекса с использованием наноцеллюлозы

Кондратюк В.А., Клинов М.Ю., Константинова С.А., Воскобойников И.В. БИОМАССА ДРЕВЕСИНЫ – ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЙ ИСТОЧНИК НОВЫХ ПРИРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ	100
Никулина Н.С., Шамаев В.А., Константинова С.А., Медведев И.Н. ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПРОЦЕССАХ СКЛЕИВАНИЯ И МОДИФИЦИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ	107
Воскобойников И.В., Кондратюк В.А., Никольский С.Н., Константинова С.А., Коротков А.Н. ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОГЕЛЕЙ НАНОЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПРИ ФОРМОВАНИИ БУМАГИ И КАРТОНА ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ВОЛОКНИСТОГО СЫРЬЯ	110
Константинова С.А., Щелоков В.М., Воскобойников И.В. ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩЕГО ПОЛИМЕРНОГО СУПЕРКОНЦЕНТРАТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	117
Воскобойников И.В., Кондратюк В.А., Константинова С.А., Коротков А.Н. ПОЛУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИЙ	125
Доценко Г.С., Чекушина А.В., Кондратьева Е.Г., Правильников А.Г., Андрианов Р.М., Осипов Д.О., Сеницына О.А., Короткова О.Г., Степанов В.И., Новожилов Е.В., Ачильдиев Е.Р., Константинова С.А., Сеницын А.П. РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ФЕРМЕНТАТИВНОМ ГИДРОЛИЗЕ	129
Кондратюк В.А., Воскобойников И.В., Константинова С.А., Коротков А.Н. ГЛУБОКАЯ БИОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ЛЕСОСЫРЬЕВЫХ БИОРЕСУРСОВ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ПРИРОДНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ	136
Древесно-полимерные композиционные материалы	
Кондратюк В.А., Петров В.Н., Воскобойников И.В. ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ШПАЛ	141
Воскобойников И.В., Кондратюк В.А., Щелоков В.М., Константинова С.А., Поляков М.Н. РАЗРАБОТКА БАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	146
Воскобойников И.В., Болдуев В.С., Щелоков В.М., Поляков М.Н. РАЗРАБОТКА НОВОГО СПОСОБА И ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА	153
Биоэнергетика	
Кондратюк В.А., Кожемяко Н.П. РАЗВИТИЕ БИОТОПЛИВНОГО РЫНКА	158
Левин А.Б. БИОЭНЕРГЕТИКА – ВАЖНЕЙШЕЕ СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ	160
Экономика	
Кондратюк В.А., Кожемяко Н.П., Кондратюк А.В. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ	166
Кондратюк В.А., Кожемяко Н.П., Кондратюк А.В. МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД ОЦЕНКИ ИНТЕРЕСОВ СУБЪЕКТОВ ЛЕСНЫХ ОТНОШЕНИЙ	169
Саханов В.В., Кондратюк В.А. ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЕ В КОНТЕКСТЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЛЕСНОЙ ПОЛИТИКИ	173
Кожемяко Н.П., Кондратюк А.В. ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	179
Кондратюк А.В., Коньшакова С.А., Кузнецов С.Г. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИНТЕРЕСЫ УЧАСТНИКОВ ЛЕСНОГО СЕКТОРА РОССИИ	184
Кожухов Н.И., Кондратюк В.А., Ларина Н.В. ИНФРАСТРУКТУРНЫЙ КЛАСТЕР ВЕРТИКАЛЬНО И ГОРИЗОНТАЛЬНО ИНТЕГРИРОВАННЫХ КОРПОРАЦИЙ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА	189
Кондратюк В.А., Ситнова К.А., Фиофанов В.С. РОЛЬ КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА	193
Стандартизация лесобумажной продукции	
Стяжкин В.П., Кондратюк В.А. ЗАВИСИМОСТЬ СБЕГА КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ОТ ИХ РАЗМЕРНЫХ ПАРАМЕТРОВ	197
Стяжкин В.П., Кондратюк В.А. НОВЫЙ ГОСТ Р 54365-2011 «ЛЕСОМАТЕРИАЛЫ КРУГЛЫЕ. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЕМА ПО ВЕРХНЕМУ ДИАМЕТРУ И СБЕГУ»	203

ФГУП «ГНЦ ЛПК» – 70 ЛЕТ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕВОЙ НАУКИ

Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научный центр лесопромышленного комплекса» (ФГУП «ГНЦ ЛПК») ведет свою историю от Центрального конструкторского бюро Главспецдревпрома Наркомлеса СССР, которое было создано на основании приказа Народного Комиссариата лесной промышленности СССР от 7 апреля 1942 г. за №174/ОТ. За 70 лет существования оно прошло непростой путь. Учеными и инженерами Центра за это время создано и внедрено немало перспективных разработок: более 300 видов машин и механизмов, получено более 500 авторских свидетельств и патентов, опубликовано более 1000 монографий, учебников, учебных пособий, научных трудов.

Основными направлениями деятельности организации являются:

- разработка приоритетных направлений развития лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности;
- разработка концепций приоритетных, инновационных и инвестиционных проектов развития предприятий лесопромышленного комплекса;
- оценка состояния и разработка прогнозов развития рынков лесобумажной продукции на кратко-, средне- и долгосрочную перспективу;
- совершенствование технологических процессов в лесопильно-деревообрабатывающих, целлюлозно-бумажных, плитных, мебельных производствах, деревянного домостроения и машиностроения;
- разработка прогрессивных ресурсосберегающих биотехнологий и оборудования для производства тепловой и электрической энергии на базе биомассы древесины, в том числе получение газообразных, жидких и твердых видов топлива;
- разработка прогрессивных технологий по получению биологически активных препаратов для медицинской и пищевой промышленности и сельского хозяйства;
- разработка и организация промышленного производства ресурсосберегающей и экологически безопасной технологии заготовки и глубокой переработки древесины;
- разработка технологий получения наноцеллюлозы на базе растительных волокон и композиционных материалов с ее использованием;
- разработка комплекса базовых технологических процессов получения композиционных материалов с использованием наноцеллюлозы, в том числе на базе волокнистых, древесно-полимерных, термопластичных матриц, биологически активных материалов, клеевых композиций;
- разработка поверхностной модификации наноцеллюлозы с целью изменения природы ее физико-химических свойств, позволяющих расширить спектр использования полимерных (гидрофобных) матриц;
- разработка нормативно-конструкторской документации на машины и оборудование для лесозаготовительной промышленности, станков и оборудования для деревообработки;
- проведение работ по сертификации лесопромышленных производств и лесобумажной продукции, машин и оборудования, систем обеспечения качества продукции и др.;
- разработка и внедрение информационных технологий реинжиниринга бизнес-процессов, управления предприятиями, конструкторско-технологической подготовки производства;
- подготовка и проведение в рамках международных выставок смотров-конкурсов отечественной продукции, симпозиумов, конференций, семинаров по тематике лесопромышленного комплекса.

ФГУП «ГНЦ ЛПК» является инициатором и учредителем «Ассоциации научно-технического сотрудничества лесопромышленного комплекса»; «Ассоциации предприятий и организаций лесного машино-

строения России»; Национального совета по добровольной лесной сертификации.

ФГУП «ГНЦ ЛПК» является полноправным членом международного Европейского лесного института (EUROPENFORESTINSTITUTE) и Всемирного (IUFRO) конгресса по лесу.

В соответствии с приказом Госстандарта России ФГУП «ГНЦ ЛПК» определен головной организацией лесопромышленного комплекса в области стандартизации круглых лесоматериалов, возглавляет и координирует работу технического комитета № 78 «Лесоматериалы», выполняет работы в области системы сертификации и стандартизации национальных стандартов и технических регламентов по природопользованию, экологии и безопасности лесобумажной продукции.

Для осуществления деятельности в области информационно-аналитического обеспечения предприятий лесопромышленного комплекса научный центр имеет лицензию на издательскую деятельность серии ИД № 00764 и Свидетельство на право издания газеты ПИ № 77-1519 «Лесное машиностроение».

Сегодня в ФГУП «ГНЦ ЛПК» трудятся ученые и инженеры различных специальностей, в том числе 13 докторов и 15 кандидатов экономических, технических, химических и биологических наук. Большинство ведущих специалистов научного центра имеют опыт работы в отраслевых министерствах и ведомствах, а также на крупных промышленных предприятиях лесного комплекса.

Для подготовки специалистов в области экономики, техники, оборудования и технологий лесного комплекса на базе ФГУП «ГНЦ ЛПК» созданы и функционируют научные школы по следующим направлениям:

– экономика лесного комплекса, под рук. д-ра экон. наук В.А. Кондратюка, канд. экон. наук Н.П. Кожемяко;

– лесное машиностроение и лесозаготовки, под рук. д-ра техн. наук И.В. Воскобойникова;

– механическая переработка древесины, под рук. канд. техн. наук В.А. Косарева;

– химическая переработка древесины, под рук. д-ра техн. наук, проф. И.В. Воскобойникова;

– биоэнергетическая переработка древесины, под рук. д-ра техн. наук В.С. Суханова.

Сотрудники ФГУП «ГНЦ ЛПК» ведут большую научно-педагогическую работу в вузах страны, осуществляют руководство дипломным проектированием и подготовкой кандидатских и докторских работ, являются членами диссертационных советов, а также председателями государственных экзаменационных и аттестационных комиссий отраслевых высших учебных заведений.

В решении научных вопросов ФГУП «ГНЦ ЛПК» тесно сотрудничает со многими российскими и зарубежными организациями лесного комплекса.

Результаты научной деятельности ФГУП «ГНЦ ЛПК» получили высокую оценку. На основании заключения Комиссии по оценке результативности деятельности научных организаций, подведомственных Министерству промышленности и торговли Российской Федерации, и в соответствии с Правилами оценки результатов деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 8 апреля 2009 г. № 312 и Приказом от 23 августа 2011 г. № 1127 ФГУП «ГНЦ ЛПК» отнесен к 1-й категории научных организации – лидеры.

Не останавливаясь на достигнутых результатах, руководство и коллектив Центра направляет весь интеллектуальный и творческий потенциал на решение важнейшей задачи – инновационного развития отрасли. Главные открытия впереди – ведь лесные богатства страны еще по-настоящему не освоены.

Генеральный директор, д-р экон. наук,
член Совета по развитию лесного комплекса при Правительстве РФ
В.А. Кондратюк

СИСТЕМА УНИФИЦИРОВАННЫХ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТ

М.Ю. КЛИНОВ, директор Департамента лесной и легкой пром-сти Минпромторга России, канд. экон. наук,

В.А. КОНДРАТЮК, проф., ген. директор ФГУП «ГНЦ ЛПК», д-р экон. наук,

И.В. ВОСКОБОЙНИКОВ, зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК» по науке, д-р техн. наук,

В.М. КРЫЛОВ, гл. конструктор ФГУП «ГНЦ ЛПК»,

Д.В. КОНДРАТЮК, зам. гл. конструктора ФГУП «ГНЦ ЛПК», асп. МГУЛ

gnclpk@mail.ru

Масштабы и условия лесосырьевых территорий нашей страны предъявляют особые требования к машинам, выполняющим лесосечные работы, – заготовку, обработку и транспортировку деревьев, и определяют ситуацию на рынке этих машин. На рынке идет жесткая конкуренция отечественных производителей и импортеров лесозаготовительной техники.

За последнее время в России заметно увеличился парк зарубежных лесозаготовительных машин. Ввоз машин в Россию иностранного производства, в т.ч. бывших в употреблении, постоянно растет. В 2010 г. импортных машин было закуплено почти на 9 млрд руб., а отечественных – на 1,1 млрд руб. Такое положение ставит под угрозу технико-экономическую безопасность страны в лесной отрасли.

Для увеличения эффективности работы лесопромышленного комплекса необходимо освоение отечественного производства нового поколения лесных машин конкурентоспособного уровня, с улучшенными функциональными характеристиками, высокими показателями надежности и щадящими воздействиями на лесную среду.

Как известно, лесозаготовки в России, к сожалению, имеют сезонный характер. Сезонный характер лесозаготовок вытекает из уникальных природных условий нашей страны. В России лишь 7 % лесной территории позволяют осуществлять заготовку и вывозку древесины вне зависимости от природных условий. 57 % общей площади лесов составляют грунты III категории (глинистые почвы, супеси с глинистыми прослойками), которые имеют повышенную влажность в течение всего теплого периода года, и остальные пло-

щади – грунты IV категории (торфянисто-болотистые, перегнойно-глеевые почвы) особо неблагоприятные для лесозаготовки.

Анализ показывает, что применение в этих условиях машин на колесной базе неблагоприятно. Машин на колесной базе образуют колеи глубиной 60–80 см даже в конце осени с ее заморозками и снегом.

Сегодня, когда в эксплуатации находится значительное количество колесных машин, вопрос образования глубокой колеи становится особенно актуальным. Только форвардеры (а их пока 1140 шт.) за один год работы «нарезают» колеи более 100 000 га лесных площадей, которые подвергаются заболачиванию, на них практически исключается восстановление леса, и через 15–20 лет эти площади будут покрыты колеями глубиной в пределах 20 см.

На увлажненных лесосеках, в пересеченной местности, где проходимость и сила тяги колесных машин недостаточны (крутые склоны, глубокий снег, слабонесущий грунт – заболоченные и суглинистые почвы, многоярусный лес), целесообразно использование гусеничных машин. На обледенелых дорогах преимущества гусеничного движителя еще более значительны.

Для расширения возможности применения колесных машин (снижения удельного давления на грунт и улучшения проходимости) используют цепи и гусеничные ленты, надеваемые на шины колес, сдвоенные колеса, арочные шины. Однако и при этих технических мероприятиях на волоках неизбежно появление глубоких колеи и ям, требующих дополнительных затрат на их укрепление нетоварной древесиной, порубочными остатками и др. вплоть до устройства лежневых до-

рог погрузчиками-укладчиками для тяжелых транспортных машин.

Анализ состояния уровня технологий лесозаготовки, в том числе и рубок ухода, показал, что все большее значение в оценке технических решений при организации лесозаготовок приобретают экологические последствия, степень сохранения биогеоценозов.

В настоящее время очень важно определить верный путь развития как техники, так и технологии лесосечных работ, который даст возможность для удовлетворения экологических требований при одновременном повышении производительности труда на основных и вспомогательных работах всего цикла производства.

Одним из наиболее значимых направлений реализации этой задачи является определение оптимальных технологий и систем машин для процессов лесозаготовки и обработки древесины. Следует выделить чрезвычайно большое разнообразие лесосечных машин, что свидетельствует о неудовлетворительном научном обеспечении создания заготовительной техники и эффективности ее применения.

Одним из приоритетных направлений на рассматриваемый период в области лесозаготовки являются создание и разработка прогрессивных технологий и систем машин для сплошных видов рубок леса и рубок ухода, выборочных санитарных и других.

В рамках этой сферы имеют место взаимосвязанные научные и производственные проблемы, над решением которых работает ФГУП «ГНЦ ЛПК».

Проведенное исследование на базе математического моделирования и применения современных численных методов позволило на стадии проектирования машин и их элементов достичь мирового уровня по главным показателям качества (техническим, экологическим, безопасности эксплуатации и обслуживания и др.), что обеспечивает их конкурентоспособность и эффективную эксплуатацию.

В соответствии с проведенным анализом технических решений и тенденций их развития установлено, что проблема лесопользования является одним из главных природообразующих факторов экологической системы, что требует

обеспечения при эксплуатации лесов их возобновления по составу и продуктивности нового поколения древостоев.

Проблема машинной заготовки древесины, прежде всего, ориентирована на взаимосвязь обрабатываемых операций рабочих органов лесозаготовительных машин с соответствующими переместительными действиями, направленными на соблюдение лесохозяйственных требований по сохранности подроста и уменьшения повреждаемости несущей поверхности грунтов.

Комплексное решение всего технологического процесса по механизации заготовки древесины на лесосеке обеспечивается за счет:

- применения при разработке лесосек оптимального набора (комплекса) лесозаготовительных машин, комплектация которых увязана и согласована с основными требованиями технологического процесса по механизации заготовки древесины;

- использования для механизации лесозаготовительных работ машин, которые отвечают условиям оптимальности производства лесозаготовительных работ на лесосеках с сохранением подроста

Оценка функционирования работы машин выполнена с учетом объединения их в систему, оптимальную по численности и структуре как в реальных, так и средних условиях. Оптимальный набор машин в системе, предназначенный для выполнения лесозаготовительных работ, подобран с взаимосвязанными и согласующимися техническими и технологическими характеристиками, с учетом природных и производственных факторов (климатические, почвенно-грунтовая характеристика, технологические, производственные). Природно-производственные факторы существенно влияют на условия перемещения лесозаготовительных машин по лесосеке и выполнения ими операций, связанных с валкой деревьев, трелевкой, обрезкой сучьев, раскряжкой хлыстов.

Нами предлагается новая система, состоящая из следующих машин: валочно-сучкорезно-раскряжевой, погрузочно-транспортной, бесчокерной трелевочной, валочно-трелевочной и лесного комбайна (рисунок). Положительная

Валочно-сучкорезно-раскряжевочная машина (харвестер)	Погрузочно-транспортная машина (форвардер)
Бесчokerная трелевочная машина	Валочно-трелевочная машина
Машина сбора лесосечных отходов	Машина с оборудованием пожаротушения

Рисунок. Предлагаемая для разработки система лесозаготовительных машин

отличительная особенность этой системы заключается в том, что все машины создаются на одной базе – серийном трелевочном тракторе, что значительно улучшает эффективность их использования и сервисного технического обслуживания. База серийного трелевочного трактора усовершенствуется за счет применения широкой гусеничной ленты, подвески, удлиненной рамы, уширенной колеи, переднего расположения гидроманипулятора, применения электромеханической трансмиссии и системы управления.

При производстве лесосечных работ, помимо машин, входящих в систему, предлагается машина для сбора и транспортировки лесосечных отходов, выполняющая следующие функции: сбор и транспортировку кусковых отходов древесины (обломьши деревьев, обрезки высоких пней, потерянные или обломанные сортименты); уборку сухостоя, зависших и ветровальных деревьев; расчистку горельников; укрепление магистральных волоков; вспомогательные работы при строительстве лесовозных усов.

Кроме этого машина может собирать и транспортировать срезанные сучья и вершинки для подачи в рубильную машину на верхних и промежуточных складах древесины.

В случаях возникновения и угрозы распространения лесных пожаров с незначительной трудоемкостью машина сбора отходов, как и любая другая лесозаготовительная с передним расположением манипулятора, может быть переоборудована в пожарную машину.

Разработаны технологические схемы заготовки древесины на лесосеках с применением системы машин для различных эксплуатационных условий и сочетание отдельных машин: трелевки хлыстов за вершину, трелевки хлыстов за комли; в режиме валки, пакетирования, трелевки, обрезки сучьев, штабелевки хлыстов; заготовка древесины с сохранением подроста; погрузочно-транспортные работы прямолинейными ходами по лентам перпен-

дикулярно и параллельно усу, по кругу; схемы работы в режиме валка–трелевка.

Разработка параметров лесозаготовительных машин проводилась с помощью компьютерной программы и математической методики расчета на их устойчивость и проходимость.

При разработке теории функционирования систем машин и построения компьютерной модели новой базы применялось следующее программное обеспечение:

– SolidWorks – мощный аппарат для автоматизированного проектирования в трехмерном пространстве, позволяющий создавать твердотельные компьютерные модели различного назначения.

– Программа ANSYS, компьютерная система для проектирования и выполнения связанного междисциплинарного анализа методом конечных элементов МКЭ. Применяется для выполнения расчетов напряженно-деформированного состояния, запасов прочности и т.д.

– Конечно-элементная система MSC Nastran обеспечивает полный набор расчетов, включая расчет собственных частот и форм колебаний, анализ устойчивости, исследование установившихся и неустойчивых динамических процессов.

– Модуль UniversalMechanism Tracked Vehicle используется для автоматизации процесса создания моделей гусеничных машин и анализа их динамики с учетом проходимости по различным профилям пути.

В результате проведенной работы разработаны:

– Имитационная модель новой базы для системы машин с шестикатковой ходовой системой, уширенной колеи гусеницы, передним расположением манипулятора и электромеханической трансмиссией.

– Включен в состав базового программного обеспечения алгоритм оценки влияния внешних условий движения на расчет нагру-

женности элементов электромеханической трансмиссии имитационной модели новой базовой машины с использованием метода конечных элементов.

– Реализация метода расчета нагруженности элементов электромеханической трансмиссии от внешних условий предлагается в виде группы процедур, позволяющих при разработке имитационной модели новой базовой машины в расчетной системе программ с объемными конечными элементами организовать эффективное решение задачи расчета только в оперативной памяти ЭВМ.

– Объектно ориентированная программа, основанная на методе конечных элементов, обеспечивающая автоматизированный алгоритм, реализацию потребных силовых параметров крутильных систем, действующих в гусеничном обводе, для последующего расчета динамических характеристик движения и определения нагруженности элементов электромеханической трансмиссии новой базы по всей совокупности условий при учете конструктивных и компоновочных вариантов систем машин.

Система машин разработана с учетом требований, предъявляемых к лесосечным технологиям и механизмам для лесосечных работ и рубок ухода за лесом, в соответствии с принятыми государственными законами и нормами. Это воздействие оценивалось по ряду факторов: массе машины, удельному давлению, максимальным динамическим нагрузкам, площади контакта машин с почвой, суммарной площади и степени минерализации почвы, площади деформации почвы и др.

Учитывались также несущая способность почв, рельеф местности, объем хлыста, породный состав, средний объем делянки, расстояние между делянками, среднее расстояние трелевки.

Анализ использования лесозаготовительной техники на лесосечных работах показывает, что перспективными и наиболее востребованными являются системы машин нового поколения для хлыстовой и сортиментной технологий заготовок на базе гусеничного трактора с повышенной устойчивостью – ТТ-4М-04-48, который по сравнению с отечественными и импортными машинами обладает более высокими тяговыми и сцепными характеристиками, а также низким давлением на грунт (49–56 КПа против 216–240 КПа у колесных машин).

Создание нового поколения предлагаемых машин и на их базе новых ресурсосберегающих технологий содержит большие резервы для роста производительности труда и эффективности лесозаготовительного производства и позволит удовлетворить потребности заказчиков в отечественной производительной и надежной технике для работы в тяжелых лесных условиях.

Библиографический список

1. Ливанов, А.Л. Колесный трелевочный трактор / А.Л. Ливанов, Г.М. Казанцев. – М.: Лесн. пром-сть, 1985. – 208 с.
2. Быков, В.В. Технический сервис лесного комплекса (Иллюстрированный справочный каталог транспортных средств) / В.В. Быков, И.В. Воскобойников, И.Г. Голубев. – М.: МГУЛ, 1999. – 204 с.

О ГОСУДАРСТВЕННОМ УЧЕТЕ ЗАГОТОВЛЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

В.А. КОНДРАТЮК, *проф., ген. директор ФГУП «ГНЦ ЛПК»*, д-р экон. наук,
И.В. ВОСКОБОЙНИКОВ, *зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК» по науке*, д-р техн. наук,
В.М. ЩЕЛОКОВ, *зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК»*

gnclpk@mail.ru

Российская Федерация является крупнейшей лесной державой. По данным учета, общий запас древесины в лесах РФ составляет 83,4 млрд м³, в том числе в лесах, расположенных на землях лесного фонда, около

80 млрд м³. Объем заготавливаемой древесины составляет около 180 млн м³.

В то же время, к сожалению, существуют и незаконные рубки, и нелегальный оборот древесины, которые представляют

серьезную проблему для лесного хозяйства и экономики страны. По экспертной оценке объем нелегально заготовленной древесины составляет ежегодно порядка 19–24 млн м³.

Все осуществляемые меры по совершенствованию государственного лесного контроля и надзора, ужесточению мер административной и уголовной ответственности к нарушителям, проведение дистанционного мониторинга незаконных рубок и использования земель лесного фонда с применением аэрокосмических методов и ГИС-технологий, внедрение системы добровольной лесной сертификации и усиление межведомственного взаимодействия всех заинтересованных органов исполнительной власти по предотвращению незаконных рубок и нелегального оборота древесины не дают должного эффекта и недостаточны.

Для решения проблемы незаконной заготовки и оборота древесины необходима целенаправленная работа на федеральном и региональном уровнях по следующим направлениям:

- создание единой информационной системы учета и контроля заготовки и оборота древесины;
- внесение изменений в действующие и принятие новых нормативно-правовых документов;
- развитие системы дистанционного мониторинга лесов;
- создание условий для внедрения добровольной лесной сертификации.

Необходимость создания системы государственного учета заготовленной древесины как инструмента снижения нелегального оборота подтверждается отсутствием единого подхода к существующему в России учету заготовленной древесины.

Анализ опыта зарубежных стран по контролю за происхождением и оборотом древесины показывает, что в странах с развитым лесопромышленным комплексом существует учет всей заготовленной древесины. Учет производится на лесосеке, узлах дорог и на предприятиях; маркировка осуществляется клеймом, краской, биркой; определение объемов – взвешиванием, харвестером, вилкой, рулеткой.

При этом контроль осуществляется государственными органами в области лесных отношений, включая согласование маршрутов перевозки и выборочную двухпроцентную проверку лесовозов.

Учитывая международный опыт, в России целесообразно построить такую же систему государственного учета заготовленной древесины.

Введение государственного учета заготовленной древесины требует создания единой информационной базы данных, которая обеспечит сверку или сопоставление:

- разрешенных объемов заготовки древесины (по договорам купли-продажи и договорам аренды);
- фактически заготовленной и вывезенной из леса древесины;
- сопоставление объемов поставки древесины потребителям;
- древесины, отгруженной на экспорт.

ФГУП «ГНЦ ЛПК» работает по созданию государственной информационной системы учета заготовленной древесины по следующим направлениям:

- обоснование состава, структуры, порядка функционирования пилотного проекта государственной информационной системы учета заготовленной древесины, выбора аппаратно-программных средств, обеспечивающих реализацию пилотного проекта;
- описание состава, структуры, функций основных компонент пилотного проекта, включая базу данных, модуль учета заготовленной древесины, информационно-управляющий модуль, модуль администрирования, поддержки и управления системой;
- руководство по работе с пилотным проектом государственной информационной системы, включая схемы выполнения основных операций при работе с системой и инструкции по работе с модулем учета заготовленной древесины и информационно-управляющим модулем;
- технико-экономическое обоснование затрат на разработку пилотного проекта и оценка затрат на внедрение системы в регионах, осуществляющих заготовку древесины.

Целями создания государственной информационной системы учета заготовленной древесины являются:

– осуществляемый в соответствии с действующими законодательными и нормативными документами **учет заготовленной древесины**, которую лесопользователь транспортирует с лесных участков заготовки для изготовления товарной продукции из древесины, тепловой энергии или для собственных нужд;

– **информационно-аналитическая поддержка** деятельности федеральных органов исполнительной власти администраций федеральных округов, регионов, лесхозов в сфере учета и контроля лесозаготовок.

Концепция государственной системы учета заготовленной древесины приведена на рис. 1.

Основными задачами государственной информационной системы учета заготовленной древесины являются

– сбор, накопление, хранение, обработка, передача информации:

1) о содержании законодательных, нормативных, методических документов государственного учета заготовленной древесины,

2) об объемах, породах, сортаментах, местах вывоза и доставки заготовленной древесины,

3) о пользователях системы всех иерархических уровней от учетчиков до федеральных органов исполнительной власти;

– обеспечение сохранности информационных ресурсов и их защита от несанкционированных воздействий;

– осуществление администрирования, т.е. архивирования, восстановления, реорганизации и др. баз данных, а также разграничения доступа к базам данных обслуживающего персонала и пользователей системы;

– контроль за использованием информационных ресурсов в зависимости от степени конфиденциальности информации и уровня доступа пользователей;

– регистрация объектов хранения и пользователей, кодирование информации и маркировка документов, хранящихся в базах данных;

– поиск и предоставление запрашиваемой информации пользователям системы, с

учетом прав доступа к различного рода информационным ресурсам системы и в соответствии с приоритетами пользователей;

– подготовка и предоставление в установленном порядке с установленной периодичностью отчетных документов;

– обеспечение взаимодействия (обмена данными) с другими информационными системами.

Для достижения поставленных целей и обеспечения решения сформулированных задач государственная информационная система учета заготовленной древесины должна удовлетворять следующим требованиям:

– открытости и эволюционного развития, т.е. расширяемости как функциональных возможностей, так и числа пользователей;

– адаптивности структуры, технических и программных средств к возможным изменениям объема, содержания и приоритетов решаемых задач;

– простоты и легкости оперативного изменения параметров системы за счет ее модернизации;

– стандартизации и унификации, определяющих рациональное применение информационных, программных, технических средств при создании и эксплуатации системы;

– интегрируемости с уже созданными и перспективными информационными системами;

– гармонизации с международными, общероссийскими, отраслевыми классификаторами и стандартами;

– территориальной распределенности как информационно-программных ресурсов, так и технических средств;

– оперативности и надежности передачи и получения информации независимо от уровня и территориальной удаленности пользователя;

– полноты, достоверности информации о заготовленной древесине, оперативности реакции на появление новой информации;

– доступа к автоматизированным базам данных в соответствии с установленными правилами и возможности аналитической обработки этих данных;

– гарантированной защиты информации как от разрушения, так и от несанкцио-

Государственная система учета заготовленной древесины

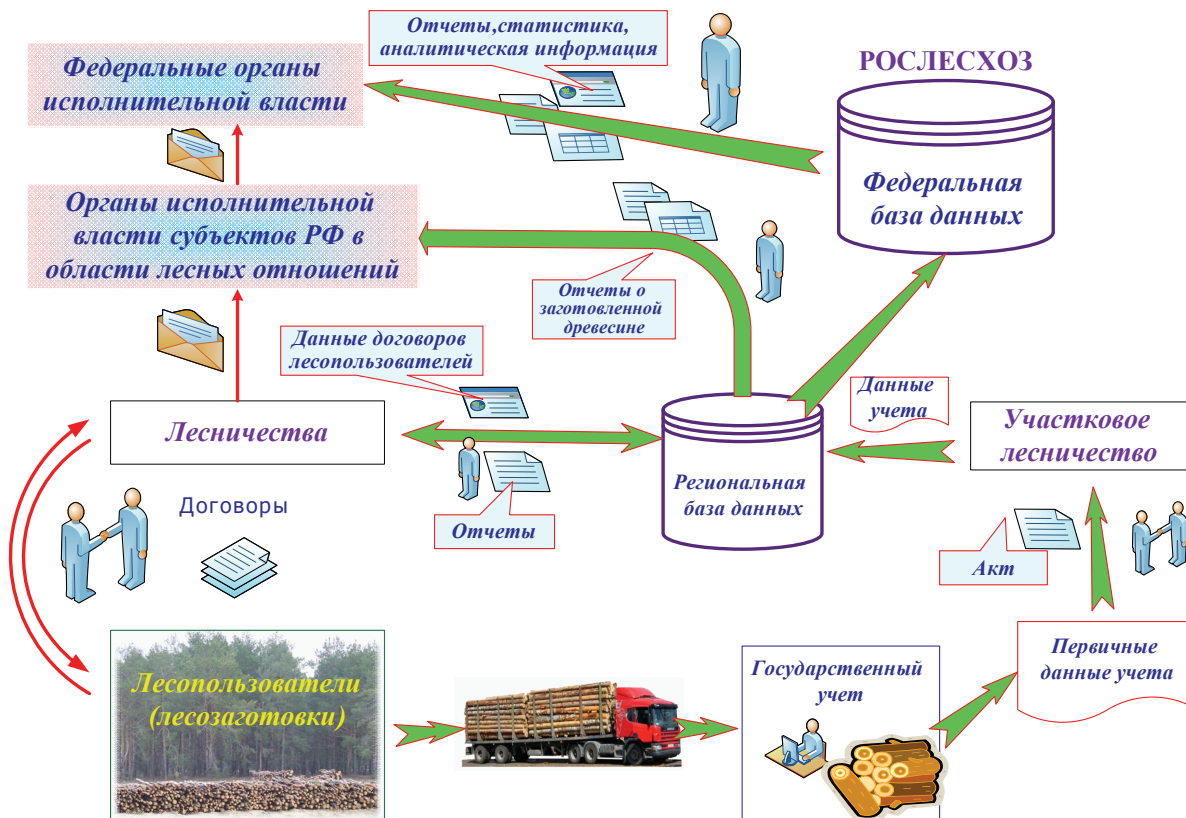


Рис. 1. Концепция государственной системы учета заготовленной древесины



Рис. 2. Архитектура пилотного проекта

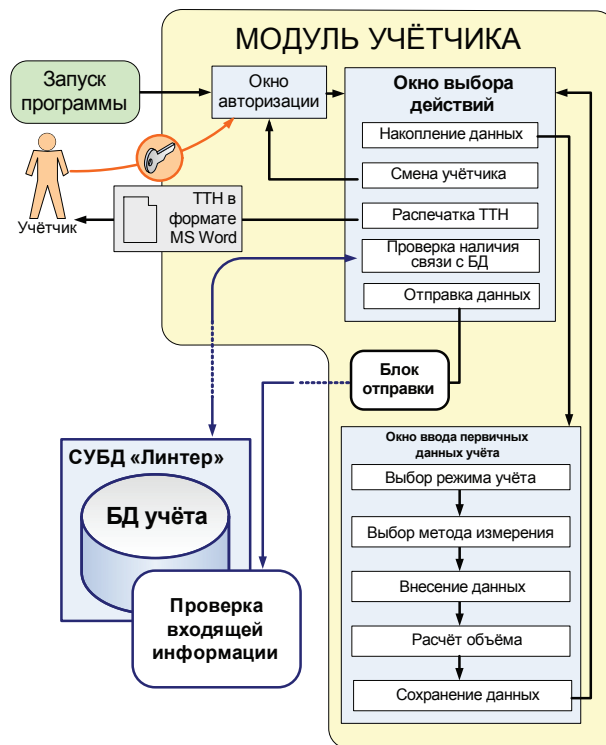


Рис. 3. Структура и функциональные возможности модуля учётчика

нированного доступа при ее передаче и хранении;

- управляемости заказчиком информационными потоками в системе;

- автоматизации процесса документирования;

- преемственности системы в целом и отдельных ее компонент, т.е. независимость от персонального состава разрабатывающих и эксплуатирующих коллективов и возможность использования накопленного информационно-программного фонда и существующих программных средств;

- обеспечения безопасности, надежности и устойчивости функционирования на уровне, соответствующем законодательству РФ и общепринятым нормам.

Исходя из возложенных на пилотный проект государственной информационной системы учета заготовленной древесины и требований, предъявляемых к пилотному проекту, были определены состав и структура системы, которые позволили проработать, реализовать и провести тестирование проекта в пилотных регионах на соответствие предъявленным требованиям с учетом отведенных временных затрат.

В рамках пилотного проекта была реализована трехуровневая информационная система по типу доступа и двухуровневая по вводу/получению информации.

Архитектура пилотного проекта информационной системы представлена на рис. 2.

База данных учета заготовленной древесины, построенная на реляционной модели, является основным хранилищем для первичной информации, вносимой в систему. Кроме того, в ней содержится информация о хозяйствующих субъектах, лесничествах, лесопользователях, пунктах учета и учетчиках, о заключаемых договорах и приложениях к ним. По этой информации любой заинтересованный (и имеющий соответствующие полномочия) пользователь впоследствии может получить все необходимые данные как по субъектам и объектам учета, так и сводку по объемам заготовленной древесины по интересующим критериям.

Для хранения информации в системе была разработана модель представления базы

данных и определены связи между отдельными данными и полями данных.

Накопление, хранение и обработка информации, обеспечение связи базы данных с модулями учетчика и управления, а также функции администрирования (резервирование, архивирование, предоставление прав пользователям) осуществляется системой управления базой данных (СУБД) «ЛИНТЕР» производства ЗАО НПП «РЕЛЭКС» (г. Воронеж).

Модуль учета заготовленной древесины (или модуль учетчика) служит для ввода первичных данных учета, таких как:

- сведения о породе и сортименте,
- геометрические параметры измеряемого бревна или штабеля,

- сведения о методе измерения и объеме древесины,

- идентификационные данные учетчика и пункта учета,

- данные о водителе и транспортном средстве (если есть),

- уникальный номер партии или ТГН.

В основном режиме работы модуль учетчика не связан с остальной частью системы, а вход осуществляется по выданному лесничеством файлу ключа, а также по номеру и паролю учетчика. В этом режиме происходит внесение всей первичной информации в рабочий порядок, а ее отправка в базу данных информационной системы осуществляется в конце смены или в другое удобное время только при подключении к Интернету и связи с сервером.

Перед отправкой данных в модуль учетчика производится полная проверка введенной информации на корректность и непротиворечивость для обеспечения надежности и достоверности учета.

Модуль учета (или модуль учетчика) заготовленной древесины представляет собой приложение, которое работает в автономном режиме при накоплении данных и нуждается в сетевом подключении только при отправке данных на сервер. Структура и функциональные возможности модуля учетчика представлены на рис. 3.

Информационно-управляющий модуль системы (или модуль управления) служит для доступа к данным субъектов и

объектов учета, а также для получения статистической и аналитической информации по объемам заготовленной древесины в соответствии с выбираемыми критериями. Кроме того, в нем осуществляется внесение новых субъектов учета, таких как лесничества, лесопользователи, пункты учета и учетчики. При регистрации нового учетчика в лесничестве на него выписывается доверенность на проведение учета и выдается файл ключа, дающий право осуществлять деятельность по учету заготовленной древесины на всех пунктах учета, принадлежащих лесничеству. Только получив этот файл, учетчик может зарегистрироваться в системе и начать работу.

Из модуля управления также осуществляется подготовка и распечатка всех отчетных документов, актов, журналов и протоколов. Для того чтобы иметь возможность работать с модулем управления, необходимо получить регистрационные данные (логин и пароль) и соответствующие права в центральном руководящем органе государственной информационной системы учета заготовленной древесины.

Модуль управления (или информационно-управляющий модуль) выполняет следующие функции:

- Редактирование сведений об объектах и субъектах учета.
- Регистрации учетчиков.
- Регистрация и редактирование данных договоров.
- Получение различной статистической и аналитической информации.
- Формирование и печать отчетной документации, журналов, актов, протоколов.

По результатам выполнения пилотного проекта по созданию государственной информационной системы учета заготовленной древесины можно отметить следующее.

1. Государственному учету подлежит вся заготовленная в государственном лесном фонде древесина. Система государственного учета включает непосредственный количественный учет древесины, документальное оформление результатов учета, передачу данных в информационную систему, обобщение данных на разных уровнях государственного

управления, предоставление информации государственным органам управления.

2. Государственный учет заготовленной древесины осуществляют лесопользователи и органы управления лесным хозяйством на всех уровнях.

3. Для функционирования такой системы должна быть установлена законодательная обязанность лесопользователя вести учет заготовленной древесины с обязательным представлением информации об объеме заготовленной древесины в информационную базу данных. Работники лесохозяйственных органов должны быть наделены дополнительными полномочиями по контролю за лесопользователями в части правильности ведения ими работ по учету древесины, а также по учету древесины, заготовленной населением и бюджетными организациями.

4. В Лесном кодексе Российской Федерации имеется статья 49, обязывающая лесопользователя представлять отчет об объеме изъятых лесных ресурсов, однако о необходимости измерения заготовленной древесины по определенным правилам под контролем работников лесного хозяйства в ней ничего не говорится. Для наделения правами и обязанностями участников государственной системы учета заготовленной древесины необходимо внести необходимые изменения в статью 49 Лесного кодекса Российской Федерации.

5. В настоящее время имеется достаточная база нормативных документов в части ГОСТов, которые позволяют провести необходимые измерения заготовленной древесины:

- «Продукция лесозаготовительной промышленности. Термины и определения» ГОСТ 17462-84;
- «Лесоматериалы круглые. Маркировка, сортировка, транспортирование, методы измерения и приемка» ГОСТ 2292-88;
- «Лесоматериалы круглые хвойных и лиственных пород, технические условия» ГОСТ 9463-88, ГОСТ 9462-88;
- «Лесоматериалы круглые, методы измерений» ГОСТ Р 52117-2003;
- «Балансы для экспорта, технические условия» ГОСТ 22296-89;

– «Дрова, технические условия» ГОСТ 3243-88;

– «Дровяная древесина для технологических нужд, технические условия, ТУ 13-0273685-404-89.

Для введения государственной системы учета заготовленной древесины и создания информационной системы учета заготовленной древесины необходимо осуществить следующее:

– Внести изменения в ст. 49 Лесного Кодекса Российской Федерации, обязывающую лесопользователей всех организационно-правовых форм представлять отчет об объеме изъятых лесных ресурсов и представлять эту информацию в указанные сроки в органы управления лесного хозяйства.

– Издать Постановление Правительства Российской Федерации о поэтапном внедрении государственного учета заготовленной древесины и создании государственной информационной системы учета заготовленной древесины.

– Внести изменение в Постановление Правительства Российской Федерации от 28 мая 2007 г. № 324 «О договоре аренды лесного участка, находящегося в государственной или муниципальной собственности и Постановлении Правительства Российской Федерации от 26 июня 2007 г. № 406 «О договоре купли-продажи лесных насаждений, расположенных на землях, находящихся в государственной или муниципальной собственности» в части обязательного отчета лесопользователей об объеме изъятых лесных ресурсов и представление этой информацию в указанные сроки в органы управления лесного хозяйства.

– Разработать «Правила государственного учета заготовленной древесины» и утвердить эти Правила Постановлением Правительства Российской Федерации.

– Разработать «Методические указания по государственному учету заготовленной древесины и государственной информационной системе учета заготовленной древесины» и утвердить их распоряжением Рослесхоза.

– Разработать в 2012–2013 гг. программное обеспечение государственной информационной системы учета заготовленной

древесины и создания базы данных по учету заготовленной древесины и руководство по его использованию

– Провести апробацию в 2013 г. разработанного программного обеспечения и базы данных по учету заготовленной древесины и руководства по его использованию на практике в нескольких регионах Российской Федерации. Провести обучение инспекторов работе с государственной системой учета заготовленной древесины.

– По результатам проведенных работ доработать и создать опытно-промышленную версию государственной информационной системы учета заготовленной древесины и провести в 2014 г. комплекс работ по учету заготовленной древесины в Федеральных округах Северо-Западный, Центральный, Сибирский, Дальневосточный, оснастив их необходимыми методическими материалами, оборудованием и программным обеспечением.

– Завершить в 2015 г. создание инфраструктуры для ведения государственного учета заготовленной древесины в Российской Федерации, включающей программное обеспечение по государственному учету заготовленной древесины и созданию информационной базы данных по учету древесины.

– Определить необходимые источники и объемы финансирования для создания государственной системы учета заготовленной древесины и государственной информационной системы учета заготовленной древесины на 2012 – 2015 гг.

Библиографический список

1. ГОСТ 17462-84 «Продукция лесозаготовительной промышленности. Термины и определения».
2. ГОСТ 2292-88 «Лесоматериалы круглые. Маркировка, сортировка, транспортирование, методы измерения и приемка».
3. ГОСТ 9462-88 «Лесоматериалы круглые хвойных и лиственных пород, технические условия» ГОСТ 9463-88.
4. ГОСТ Р 52117-2003 «Лесоматериалы круглые, методы измерений».
5. ГОСТ 22296-89 «Балансы для экспорта, технические условия».
6. ГОСТ 3243-88 «Дрова, технические условия».
7. ТУ 13-0273685-404-89 «Дровяная древесина для технологических нужд, технические условия».

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС «УМК-Д» НА БАЗЕ МНОГОЦЕЛЕВОГО ДИРИЖАБЛЯ А-300МУ ДЛЯ МОНИТОРИНГА НАЗЕМНОЙ, ВОЗДУШНОЙ И ВОДНОЙ СРЕДЫ, ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ, ОПЕРАТИВНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ И ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ

В.А. КОНДРАТЮК, *проф., ген. директор ФГУП «ГНЦ ЛПК», д-р экон. наук,*
И.В. ВОСКОБОЙНИКОВ, *зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК» по науке, д-р техн. наук,*
В.М. КРЫЛОВ, *гл. конструктор ФГУП «ГНЦ ЛПК»,*
А.Н. КИРИЛИН, *МПФ «Аэростатика», д-р техн. наук,*
Д.В. КОНДРАТЮК, *зам. гл. конструктора ФГУП «ГНЦ ЛПК», асп. МГУЛ*

gnclpk@mail.ru

Лесные пожары являются мощным антропогенным фактором, существенно изменяющим функционирование и состояние лесов. Лесные пожары не только национальное российское бедствие, они имеют общемировой характер. С середины 20 века тушение лесных пожаров перестало быть заботой какого-либо отдельного государства и постепенно становится общемировой проблемой.

В России за последнее время погибло более 6 млн га лесных насаждений. Ежегодный ущерб от пожаров составляет десятки млрд руб.

Наиболее высокая горимость лесов зарегистрирована на территории Хабаровского, Приморского и Забайкальского краев, а также в Магаданской области, Республике Бурятия, Республике Саха, Еврейской автономной области, на долю которых приходится 92 % от общей площади, пройденной огнем.

Несовершенная работа по ликвидации пожаров в день обнаружения, несоблюдение технологии тушения пожаров привели к увеличению количества крупных лесных пожаров. Средний показатель таких пожаров за последние 10 лет по стране вырос с 2–3 % до 8 %.

Как показывает практика, авиабазы работают малоэффективно, кратность авиапатрулирования низкая, количество пожаров, обнаруженных авиацией, составляет всего лишь 10 %.

Кроме того, в настоящее время в стране работает только порядка 200 единиц воз-

душных судов (в основном Ан-2 и Ми-8), но на среднюю и высокую горимость, по мнению специалистов, необходимо от 600 до 800 воздушных судов. В США при тушении крупных пожаров в воздухе одновременно находятся более 400 воздушных судов, в России – максимум 10–15.

Таким образом, на сегодняшний день наблюдается недостаток воздушных судов малой авиации, и имеющееся количество этой техники не может обеспечить необходимую кратность патрулирования. Суммарные ежегодные налеты воздушных судов в 90-е годы в стране составляли более 100 тыс. часов, в последние годы в среднем 15 тыс. летных часов (в 1942 г. – 22 тыс. ч). Воздушные суда и технические средства, которыми они оснащены, физически и морально устарели, их износ составляет более 70 %.

Для коренного изменения положения дел необходимо перейти к разработке и внедрению принципиально новых, инновационных технологий по прогнозированию, обнаружению и тушению пожаров.

Государственный научный центр лесопромышленного комплекса (ФГУП «ГНЦ ЛПК») и Научно-производственная фирма «Аэростатика» (ООО «НПФ «Аэростатика») предлагают проект универсального аэростатического комплекса «УМК-Д» на базе многоцелевого дирижабля нового поколения А-300МУ, предназначенного для мониторинга наземной, воздушной и водной среды, патологической и экологической оценки состояния лесных территорий, их пожароопасности

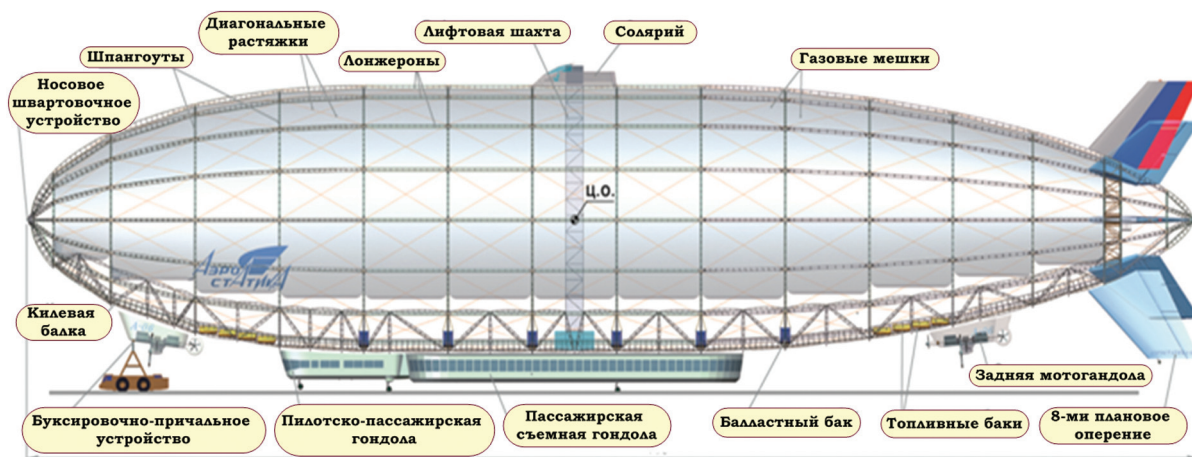


Рисунок. Общий вид дирижабля. Назначение: мониторинг состояния лесных территорий (700–900 тыс. кв км / сутки); обнаружение зарождения очагов лесных пожаров в радиусе 100–300 км; оперативное (в течение 1 ч) тушение очагов лесных пожаров

и эффективного обнаружения и тушения лесных и торфяных пожаров.

Проект предусматривает использование:

1) воздушного носителя (дирижабля) с уникальными летно-техническими и эколого-экономическими параметрами, способными обеспечить безаэродромную эксплуатацию, вертикальный взлет и посадку, зависание над объектом, длительность беспосадочного полета – до 3 суток, скорость – до 150 км/ч, грузоподъемность – до 10 т, возможность оперативной доставки в любую точку пожарных расчетов со спецтехникой, «водяных противопожарных бомб», тракторов и машин, естественную безопасность полетов, малую себестоимость летного часа – 9–11 тыс. руб., а также низкий уровень шума и выбросов в атмосферу токсичных продуктов сгорания топлива;

2) современных дистанционных с большим радиусом действия средств наблюдения и контроля в нескольких спектральных диапазонах днем и ночью, в том числе микроволновых радиометров, гиросtabilизированных систем оптического наблюдения (СОН) с телевизионным и тепловизионным каналами, высокочувствительных тепловизоров, приборов космической навигации ГЛОНАСС и GPS;

3) новых высокоэффективных способов и средств пожаротушения посредством тонкораспыленной (мелкодисперсной 100–150 мкм) воды и других.

Предлагаемое оборудование обеспечивает новые, недоступные для сегодняшних средств возможности обнаружения и тушения пожаров.

– Микроволновые радиометры позволяют получить информацию о влажности подстилки и содержании влаги в почве леса и кроне деревьев. При критическом содержании влаги в почве (менее 25 %) создаются благоприятные условия для возникновения и распространения пожара. При влажности крон деревьев менее 80 % возникает серьезная угроза перехода низкого пожара в верховой, который, обладая большой скоростью распространения, уничтожает лесную флору и фауну. В случае с торфяниками микроволновые измерения позволяют выявлять скрытые и явно не проявляющиеся в данный момент очаги загорания торфа. Таким образом, микроволновые измерения в зонах возможного загорания леса позволяют использовать их в различных прогнозных алгоритмах и перейти к поиску эффективных критериев оценки пожарной опасности лесных и лесоболотных территорий.

– Установка на дирижабль сканирующих систем оптического и телевизионного наблюдения с высокой разрешающей способностью позволит по пеленгу тепловых полей (днем и ночью) и дыма (только в светлое время суток) определить и с высокой степенью точности закоординировать в радиусе 100–130 км очаг зарождающегося пожара площа-

дью менее 0,01 га. За один час «УМК-Д» в состоянии обследовать территорию площадью не менее 30 тыс. кв. км, за сутки – порядка 700–900 тыс. км² (территория Иркутской области).

– Комплекс имеет минимальные по сравнению с самолетами и вертолетами курсовые, креновые и тангажные отклонения, вибрационные характеристики, что позволяет получать изображения значительно более высокого качества.

– Применение на «УМК-Д» в качестве огнетушащего вещества тонкораспыленной воды (ТРВ) или так называемого «водяного тумана» позволит в среднем в 10 раз повысить эффективность тушения. Высокая эффективность нового способа пожаротушения, разработанная российскими авиационными специалистами, заключается в комплексном воздействии различных механизмов на процесс горения: механический срыв пламени высокоскоростной двухфазной струей воды; быстрое локальное охлаждение горячей поверхности за счет мгновенного испарения мелких капель воды (увеличение скорости поглощения тепла); вытеснение кислорода из зоны горения парами испарившейся воды.

– На «УМК-Д» предлагается использовать следующие средства пожаротушения нового поколения, не имеющие аналогов в России и за рубежом: ранцевое устройство пожаротушения РУПТ (запас воды 10 л, дальность струи 12 м, поражаемая площадь древесного костра 60 м²); подвижные установки (контейнеры) с запасом воды 200–2000 л, дальность струи около 20 м.

– Как особо эффективное средство дистанционной борьбы с пожарами предполагается использование «оболочечных водяных бомб» массой от 0,1 до 1 т, сбрасываемых с высоты до 1 км и распыляющихся под воздействием гидравлического удара над очагом пожара. По нашим предварительным оценкам. 1–2 т «водяных бомб» достаточно для тушения лесного пожара на площади в 1 га.

– Патрулирование дирижабля осуществляется с наличием на борту звена десантников из 2–3 человек со снаряжением (ранцы, контейнеры) и определенного количества «во-

дяных бомб», что позволит оперативно (в течение часа) затушить обнаруженный пожар.

Стоимость летного часа комплекса «УДК» ниже аналогичного показателя самолета «Ан2» (грузоподъемность – 1,8 т; скорость – 180–230 км/ч) в 3–4 раза и вертолета «Ми8» (грузоподъемность – 3–4 т; скорость – 180–220 км/ч) – в 5–7 раз. По грузоподъемности «УДК» 2,5–4 раза превосходит «Ан2» и «Ми8». Применение комплекса «УДК» позволит на принципиально новом технологическом уровне производить мониторинг, оценку патологического и экологического состояния лесных территорий, своевременно выявлять зарождающиеся очаги пожара и оперативно и эффективно тушить их. Эта разработка будет иметь безусловный мировой приоритет.

Применение комплекса «УМК-Д» позволит на принципиально новом технологическом уровне производить мониторинг, оценку патологического и экологического состояния лесных территорий, своевременно выявлять зарождающиеся очаги пожара и оперативно и эффективно тушить их. Данная разработка будет иметь безусловный мировой приоритет.

Предлагаемый проект логически вписывается в предложения Рослесхоза по созданию федеральных межрегиональных авиационных лесопожарных центров, которые участвуют в обнаружении и тушении пожаров не только одного субъекта федерации, но и в пределах границ других федеральных округов, количество которых может быть до 4–5.

Создание Федеральных межрегиональных центров пожаротушения на основе дирижаблей нового поколения должно быть включено в национальную программу пожаротушения, которая должна завершиться к 2015 г.

Библиографический список

1. Методы оценки экологической опасности / Под ред. Т.А. Хоружей – М.: Экономика, 1991. – 220 с.
2. Криволицкий, Р.А. Биоиндикация радиоактивных загрязнений / Р.А. Криволицкий. – М.: Наука, 1999. – 384 с.
3. Комплексный глобальный мониторинг загрязнения окружающей среды. – Л.: Гидрометеоздат, 1980.

АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЕТА КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

А.М. ЖЕРЕБИН, *проф., зам. ген. директора ФГУП «ГосНИИАС», д-р техн. наук,*
И.В. ВОСКОБОЙНИКОВ, *зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК» по науке, д-р техн. наук,*
В.М. ЩЕЛОКОВ, *зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК»*

gnclpk@mail.ru

В материалах статьи представлены результаты исследований применения оптических методов измерений, основанных на фотограмметрических принципах, для автоматизированного учета круглых лесоматериалов, выполненные ФГУП «ГНЦ ЛПК» совместно с Государственным центром системных исследований «ГосЦСИ».

Целью учета круглых лесоматериалов является оценка объема древесины в пачке на этапах погрузки/разгрузки. В настоящее время учет ведется путем ручного измерения диаметров спилов бревен пачки и оценки объема на основании стандартных таблиц в предположении, что длина бревен в пачке известна.

Предлагаемая система машинного зрения оценивает диаметры спилов в пачке на основе обработки цифровых изображений торцов пачки, регистрируемых стереосистемой видеокамер. Технический облик системы автоматизированного учета круглых лесоматериалов проектировался на основе следующих технических требований.

Система должна решать задачи учета круглых лесоматериалов на основе методов обработки изображений измеряемой пачки бревен, поступающих от видеокамер, расположенных в пункте приема/отгрузки круглых лесоматериалов

Система строится на базе экономических видеокамер и должна выполнять свои функции в условиях работы на пункте приема/отгрузки круглых лесоматериалов.

Система должна выполнять следующие функции: захват изображений с системы видеокамер, нахождение на изображениях пачки бревен, определение габаритов пачки бревен (описывающий прямоугольник), построение выпуклой оболочки пачки бревен (описывающий многоугольник), нахождение на изображе-

ниях торцов бревен, расчет количества бревен в пачке, расчет диаметров и площади выделенных торцов бревен, расчет объема древесины в пачке по методикам ЛПК, формирование отчета с данными о параметрах данной пачки бревен (количество бревен, объем пачки).

Экспериментальная установка автоматизированного учета круглых лесоматериалов размещается на пункте приема ЛПК «Балакирево». Параметры измеряемой пачки бревен: длина бревен в пачке – 6 м, габариты пачки – от 1×1 м до $2,5 \times 2,5$ м.

Система должна включать 4 видеокамеры высокого разрешения, 4 объектива с автоматической диафрагмой, средства преобразования телевизионного сигнала в цифровой формат, персональный компьютер в качестве средства обработки данных.

Для проведения измерений использовались фотограмметрические методы, позволяющие рассчитать трехмерные координаты объекта, наблюдаемого стереосистемой видеокамер.

Для оценки объема пачки выполнялись измерения торцов стволов с обеих сторон пачки и использовалась система, состоящая из двух стереосистем видеокамер, каждая из которых наблюдает свой торец пачки.

Программный комплекс выполняет следующие функции: просмотр видеоизображения с левой и правой камеры на мониторе ПК; захват и оцифровку видеоизображения и сохранение их в файлы; трансформирование изображений; проведение измерений трехмерных размеров объекта в ручном режиме; поиск границ среза ствола и расчет его площади в полуавтоматическом режиме; поиск всех срезов стволов в пачке, расчет их площадей в автоматическом режиме; поиск границ пачки древесины, расчет ее площади в автоматическом режиме.



Рис. 1. Рекомендуемое расположение камер при съемке



Рис. 2. Симметричное расположение камер при съемке

Программное обеспечение реализовано на языке C++ под WindowsXP в виде исполняемого модуля MW.exe. Для работы программы использовались следующие файлы: MW.exe – выполняемый модуль; Impara01.txt, Imparb01.txt – файлы параметров камер; config.txt – файл настроек алгоритма; whelp.hlp – help файл.

В процессе работы программы создаются также следующие файлы: ciL.txt – файл-список найденных спилов; obL.txt – файл-список найденных точек оболочки пачки.

Анализ требуемой точности измерений диаметров спилов. При рассмотрении задачи измерений суммы площадей спилов удобно разделить ошибку измерений на случайную и систематическую составляющие. Влияние случайной составляющей на точность измерения будет тем меньше, чем больше количество бревен в пачке (за счет усреднения ошибки), а влияние систематической составляющей измерения диаметра на измерения площади определяется квадратичной зависимостью. То есть, если измеренный диаметр представить как $d_{изм} = d(1+k)$, где k – относительная ошибка измерения диаметра, то ошибка измерения площади $\Delta S/S = (1+k)^2$. Для малых величин k $\Delta S/S \approx 1+2k$. То есть при требованиях к ошибке измерения площади спилов на уровне 5% относительная точность измерения диаметра должна быть 2,5%, что составляет 5мм при

среднем диаметре бревна 200 мм. Приведенные значения точности позволяют приблизительно оценить достаточность разрешающей способности используемых камер.

При высоте рабочей области 2,5 м и размере изображения 576 пикселей один пиксель снимка соответствует приблизительно 4,3 мм. То есть измерять точки снимка необходимо с ошибками менее одного пикселя.

При реализации комплекса процесс измерения происходит следующим образом:

– производится калибровка системы для определения параметров внутреннего и внешнего ориентирования камер;

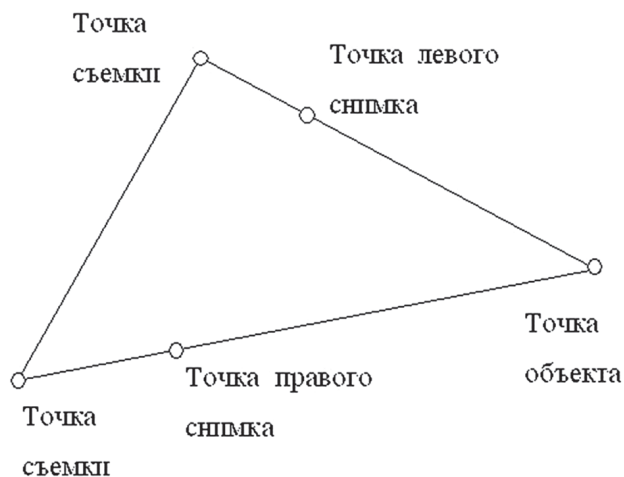


Рис. 3. Взаимное расположение точек снимка стереопары и объекта

- захватывается стереопара объекта съемки;
- на обоих снимках стереопары распознаются окружности и определяются координаты их центров и радиусы;
- для каждой окружности по координатам ее центра на левом и правом снимке стереопары находится дальность до спила путем решения прямой фотограмметрической засечки;
- вычисляется диаметр спила путем приведения пиксельного радиуса окружности к масштабу объекта.

Наиболее предпочтительным расположением камер при этом способе является расположение с наклонным к плоскости пачки базисом, как показано на рис. 1. Рассматривается также вариант с симметричным расположением камер (рис. 2)

Поскольку центр проектирования (точка съемки) правой камеры и пространственная прямая, соответствующая точке левого снимка (прямая, проходящая через центр проектирования левого снимка и точку левого снимка), образуют плоскость, в которой должна лежать точка объекта и соответствующая точка правого снимка, то может быть записано условие компланарности базиса фотографирования B и точек снимков p_1 и p_2 , являющихся изображениями одной и той же точки объекта съемки: $B(p_1 \cdot p_2) = 0$.

В координатной форме это равенство имеет вид

$$\begin{vmatrix} B_x & B_y & B_z \\ p_{1x} & p_{1y} & p_{1z} \\ p_{2x} & p_{2y} & p_{2z} \end{vmatrix} = 0.$$

Это равенство удобно спроектировать на оси системы координат правого снимка. Тогда приведенное уравнение может быть записано в виде

$$\begin{vmatrix} B_x & B_y & B_z \\ p_{1x} & p_{1y} & p_{1z} \\ p_{2x} & p_{2y} & p_{2z} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} B_y & B_z \\ p_{1y} & p_{1z} \end{vmatrix} x_r - \begin{vmatrix} B_x & B_z \\ p_{1x} & p_{1z} \end{vmatrix} y_r - \begin{vmatrix} B_x & B_y \\ p_{1x} & p_{1y} \end{vmatrix} f_2 = 0,$$

где $(B_x \ B_y \ B_z)^T = A_{g2} A_{g1}^T (x_1 \ y_1 \ f_1)^T$ – координаты базиса фотографирования в системе координат правого снимка;

$(p_{1x} \ p_{1y} \ p_{1z})^T = A_{g2} A_{g1}^T (x_1 \ y_1 \ f_1)^T$ – пространственные координаты точки левого снимка в системе координат правого снимка.

Как показал проведенный эксперимент, разработанная процедура калибровки камер обеспечивает среднеквадратическое отклонение невязок уравнений коллинеарности не хуже 0,5 мм, что позволяет обеспечить точность измерений расстояний между точками не хуже 1,5 мм. То есть основным источником ошибок в этом методе будут ошибки распознавания окружностей на снимках.

Предложен также комплекс, реализующий метод измерения дальности до всего объекта в целом. В отличие от предыдущего случая при реализации этого метода не происходит измерение дальности до каждого спила, а задача измерения диаметров спилов решается путем трансформирования снимка на заданную плоскость с последующим измерением диаметра по трансформированному снимку. Реализация этого метода позволяет избежать решения задачи стереосоответствия для каждого спила и может позволить значительно упростить систему, сделать ее удобней в эксплуатации, а также при проведении дополнительных исследований может быть рассмотрена возможность реализации мобильного варианта комплекса.

Процесс измерений может быть реализован следующим образом.

Пусть геометрия съемки такова, что левая камера находится напротив пачки лесоматериала, а правая установлена сбоку, как показано на рис. 3. Тогда после калибровки камер и получения стереопары объекта съемки пользователь намечает три точки на левом и правом снимке, как показано на рис. 4.

По результатам проведенных экспериментов можно утверждать, что площадь спилов пачки лесоматериалов может быть измерена с точностью порядка 5 % при соблюдении условий съемки.

Для оценки работы системы в реальных условиях работы лесоперерабатывающего предприятия были проведены экспериментальные работы по оценке технических характеристик системы. Исследуемые варианты системы



Рис. 4. Определение плоскости трансформирования тремя точками



Рис. 5. Расчет ортофото и распознавание спилов

были реализованы в мобильной конфигурации. Эксперименты проводились для двух вариантов системы – TV и IP. Камеры располагались на штативах на платформе временного складирования лесоматериалов. Расстояние до измеряемой пачки составляло примерно 9 м.

Были выполнены процедуры калибровки и оценки параметров внешнего ориентирования комплекса и проведено тестирование функций системы, что показано на интерфейсе программного обеспечения после выполнения функций расчета ортофото и распознавания спилов на ортофото, рис. 5.

Проведение экспериментальных работ подтвердило работоспособность системы автоматизированного учета круглых лесоматериалов и основные технические характеристики системы:

- время измерений – 10 с,
- точность измерений трехмерных координат в рабочем поле системы – 0,1 %,
- относительная точность оценки диаметра спилов – 2 %,
- точность оценки объема пачки (в предположении известной длины пачки) – 4 %.

Для получения более статистически обоснованных оценок необходимо создать стационарную позицию на одном из лесоперерабатывающих предприятий и провести опытную эксплуатацию системы для сбора статистических данных и подтверждения технических характеристик.

Преимуществами системы автоматического учета круглых лесоматериалов являются:

- высокая степень автоматизации,

- высокая точность системы,
- автоматизированное формирование отчетных материалов,
- документальное сохранение данных о каждой пачке лесоматериалов в различных формах (масштабные фотографии торца пачки, результаты обработки изображений, производные формы отчетов),
- возможность накопления информации для анализа и совершенствования системы,
- возможность оперативной передачи информации,
- возможность удаленного режима измерений (в том числе и по сети Интернет).

Проведенные исследования позволили сформулировать ряд предложений по улучшению характеристик системы:

- упрощенный вариант калибровки системы,
- исследование способов повышения точности за счет оценки расстояния до каждого спила в пачки,
- повышение надежности распознавания за счет применения специального подсвета и робастных методов обработки изображений.

Библиографический список

1. Курицын, А.К. Организация учета круглых лесоматериалов на предприятии / А.К. Курицын // Леспроминформ. – 2003. – № 12.
2. Полищук, В.П. Оценка и учет лесоматериалов: учеб. пособие / В.П. Полищук, В.Н. Минаев, Л.Л. Леонтьев, Б.М. Локштанов. – СПб.: СПбГЛТА, 2003. – 108 с.
3. Анучин, Н.П. Определение объемов хлыстов и сортиментов / Н.П. Анучин. – М.: Лесная промышленность, 1985. – 184 с.

УНИВЕРСАЛЬНАЯ МАШИНА ДЛЯ ЗАГОТОВКИ ДЕРЕВЬЕВ, ХЛЫСТОВ И СОРТИМЕНТОВ

Д.В. КОНДРАТЮК, зам. гл. конструктора ФГУП «ГНЦ ЛПК», асп. МГУЛ

Р.А. ЛЮМАНОВ, вед. науч. сотрудник ФГУП «ГНЦ ЛПК», член-кор. РАЕН, канд. техн. наук

ireplay@mail.ru

Одним из перспективных и экономически эффективных направлений механизации лесосечных работ было и остается создание и широкое внедрение в различных лесозагото-

вительных регионах России универсальных лесозаготовительных машин, удовлетворяющих лесоводственно-экологическим требованиям.



Рисунок. Универсальная лесозаготовительная машина ЛЗ-4

Анализ применения отечественных и импортных лесозаготовительных машин на лесосечных работах РФ показывает, что наиболее перспективным и востребованным с учетом природно-производственных, технологических, лесоводственных и стоимостных требований является разработка, изготовление и внедрение новых гусеничных универсальных лесозаготовительных машин повышенной мощности, грузоподъемности, устойчивости и проходимости на слабонесущих грунтах с низким давлением на грунт 60–65 кПа. Такие универсальные машины будут широко востребованы и использованы для заготовки деревьев, хлыстов и сортиментов при сплошных и выборочных рубках.

Технология лесозаготовок многооперационными машинами предусматривает совмещение выполнения одной машиной операций валки, пакетирования и трелевки деревьев или валки, обрезки сучьев и трелевки хлыстов и др. Благодаря этому из технологического цикла исключаются повторные, нецелесообразные действия с предметом труда (деревом) на стыке между операциями, вследствие чего исключаются ненужные энергозатраты и снижается себестоимость заготовки 1 м³ древесины. Кроме того, таким

машинам присущи автономность, универсальность выполнения одной машиной (независимо от других) основных и подготовительно-вспомогательных работ на лесосеке как при работе в нормальных условиях, так и при работе в экстремальных условиях (разработка ветровалов, горельников и пр.).

Создание нового поколения таких машин на гусеничной базе имеет большие резервы для роста производительности труда и экономической эффективности лесозаготовительного производства.

ФГУП «Государственный научный центр лесопромышленного комплекса совместно с ОАО «Алтайское тракторостроительное объединение» в 2010–2011 гг. разработали универсальную лесозаготовительную машину ЛЗ-4 (рисунок) на модернизированном шасси трактора ТТ-4М-04-48 с повышенной поперечной и продольной устойчивостью и увеличенной площадью опорной поверхности гусениц.

Технологическое оборудование машины включает:

- манипулятор СФ-140Л с харвесторной головкой LogMax 5000С;
- зажимной коник для формирования и трелевки пакета деревьев, хлыстов;

- толкатель для вспомогательных работ;
- кабина одноместная, шумовиброизолированная с вентиляцией и обогревом и поворотным сидением, обеспечивающим поворот оператора на 180° с фиксацией в переднем и заднем положениях;

- гидросистема привода рабочего оборудования базируется на двух насосах FRR 074BLS фирмы SAUERDANFOSS, электрогидравлическая система управления рабочим оборудованием – на базе джойстиков этой же фирмы, размещенных на подлокотниках кресла оператора.

Машина оборудована:

- системой управления, обеспечивающей выпиливание в автоматизированном (программном) или ручном режиме без переналадки не менее шести длин в любом наборе заданных сортиментов;

- системой управления и контроля над работой и учета выполненного объема работ motomitJT;

- вспомогательными системами (система терморегулирования рабочей жидкости и др.).

Для быстрого запуска дизеля в холодное время установлен предпусковой подогреватель с таймером, обеспечивающим программируемое предварительное включение подогревателя.

Основные параметры машины: эксплуатационная масса с гусеницей шириной 600 мм 18437 кг, мощность двигателя 95,5 кВт, диапазон скоростей движения 2,28-10,3 км/ч, колея 2550 мм. Габаритные размеры в транспортном положении: длина с толкателем 7070 мм, ширина 3100мм, высота 3950 мм. Оптимальная нагрузка 10 м³.

Машина ЛЗ-4 предназначена для выполнения:

- валки деревьев;
- обрезки сучьев;
- сбора и трелевки деревьев, хлыстов;
- раскряжевки хлыстов.

Машина может работать как по хлыстовой технологии, так и по сортиментной и в режиме:

- валка-трелевка деревьев – обрезка сучьев – трелевка хлыстов;

- валка деревьев – обрезка сучьев – раскряжевка;

- подбор поваленных деревьев – обрезка сучьев – трелевка хлыстов;

- подбор поваленных деревьев – обрезка сучьев – раскряжевка.

Машина ЛЗ-4 может использоваться при сплошных и выборочных рубках в лесонасаждениях со средним объемом хлыста 0,2–1,1 м³ в районах как европейской, так и азиатской частей Российской Федерации на грунтах с несущей способностью не менее 60 кПа, при глубине снежного покрова до 1,2 м, на уклонах местности до 15° с преодолением отдельных препятствий высотой до 0,5 м, в районах с температурой окружающей среды от минус 40°С до плюс 40°С, при одно-, двух- и трехсменном режиме работы с обязательным соблюдением действующих лесоводственно-экологических требований и исключением производственного травматизма.

Порядок работы машины. Возможны несколько известных технологических вариантов работы машины при заготовке хлыстов в зависимости от периода года, влажности и состояния волока:

- валка – обрезка сучьев – трелевка пачки хлыстов за вершины;

- валка – обрезка сучьев – трелевка пачки хлыстов за комли;

- валка – трелевка пачки деревьев за комли на погрузочную площадку с последующей там же обрезкой сучьев и складированием хлыстов в штабель и др.

Во всех вариантах работы машина движется только по волоку, поэтому на вырубленной пасеке сохраняется подрост и не разрушается почвенный покров.

Ниже производится расчет рейсовой нагрузки и производительности машины при заготовке хлыстов.

Рейсовая нагрузка машины по неукатанному волоку и мягкому грунту на уклоне до 15° при трелевке пачки хлыстов за вершины равна

$$Q = \frac{F_k - P \cdot (f^1 + 10 \cdot i)}{[K \cdot (f^1 + 10 \cdot i) + (1 - K) \cdot (f^2 + 10 \cdot i)] \cdot \gamma},$$

где Q – рейсовая нагрузка, м³;

F_k – касательная сила тяги машины, Н;
 $F_k = (2650 N \eta) / V$;
 N – мощность двигателя, л.с.; $N = 130$ л.с.;
 V – скорость движения машины при номинальной частоте работы двигателя; принимаем скорость движения машины на 1-й передаче; $V = 2,28$ км/ч;
 η – коэффициент полезного действия трансмиссии; $\eta = 0,85$.

При этих данных

$F_k = (2650 \times 130 \times 0,85) / 2,28 = 128432$ Н;
 P – масса машины, т; $P = 18,44$ т,
 f^1 – удельное сопротивление движению машины, Н/т; $f^1 = 900$ Н/т;
 i – величина уклона; $i = \text{tg} \alpha \cdot 1000$, это крутизна уклона $i = h/L^{1000}$;
 где h – разница в высоте между начальной и конечной точками уклона;
 L – длина уклона по горизонтали, перевод уклонов из градусов в тысячные: при угле 15° угол в тысячных % равен 270; $i = 270$;
 f^2 – удельное сопротивление движению пачки по волоку, Н/т; $f^2 = 6500$ Н/т;
 γ – плотность трелюемой древесины, т/м³;
 $\gamma = 0,83$ т/м³;
 K – коэффициент распределения нагрузки пачки хлыстов между коником машины и волоком; практически $K = 0,25 \div 0,35$ при трелевке за вершины и $K = 0,5 \div 0,6$ при трелевке за комли.

Величина рейсовой нагрузки при трелевке пачки хлыстов за вершины при вышеприведенных данных и $K = 0,35$ равна $Q = 10,3$ м³.

Величина рейсовой нагрузки при трелевке пачки деревьев (хлыстов) за комли и $K = 0,6$ равна $Q = 10,5$ м³.

Далее определяется производительность машины, при этом объем трелюемой пачки для всех рассматриваемых вариантов работы на основе вышеперечисленных расчетов принимается оптимальным – равным 10 м³.

Условия работы: смешанные хвойно-лиственные насаждения, площадь лесосеки 25 га, эксплуатационный запас $180 \div 250$ м³/га, расстояние трелевки до 300 м, объемный вес свежесрубленной древесины 830 кг/м³. Средний объем хлыста 0,4 м³. Ус лесовозной

дороги проходит по центральной оси и делит площадь лесосеки на две равные части.

Производительность машины при валке-обрезке сучьев-трелевке пачки хлыстов за вершины определяется по формуле

$$\Pi_{\text{см.он}} = \frac{T \times K_{\text{он}}}{n \times t_{\text{он}} + \frac{l_{\text{zx}}}{V_{\text{zx}}} + \frac{l_{\text{xx}}}{V_{\text{xx}}} + t_{\text{mn}}} \times q \times n,$$

где T – продолжительность смены-работы:
 $T = 480$ мин,

$K_{\text{он}}$ – коэффициент, учитывающий время чистой оперативной работы машины в смену; $K_{\text{он}} = 0,802$,

n – количество хлыстов в пачке; $n = 25$ шт. оптимальный объем пачки $qn = 10$ м³,

q – средний объем хлыста, $q = 0,4$ м³,

$t_{\text{он}}$ – время чистой оперативной обработки одного дерева в сек. (подвод ВСУ к дереву, зажим, спиливание, подтаскивание дерева, обрезка сучьев, укладка вершинной части хлыста в коник, укладка сучьев и вершинок на волок, переезд к следующей группе деревьев), $t_{\text{он}} = 82$ с/дерево,

l_{zx} и l_{xx} – средние расстояние грузового и холостого хода машины в метрах,
 $l_{\text{zx}} = l_{\text{xx}} = 225$ м,

V_{zx} и V_{xx} – скорость грузового и холостого ходов машины; $V_{\text{zx}} = 2,28$ км/ч,
 $V_{\text{xx}} = 4,85$ км/ч,

t_{mn} – время на сброс и выравнивание пачки хлыстов на верхнем складе;
 $t_{\text{mn}} = 0,9$ мин.

Производительность машины за чистое оперативное время в смену $\Pi_{\text{см.он}} = 88$ м³,

Производительность за 1 час чистого оперативного времени работы $\Pi_{\text{час.он}} = 88 / 8 \times 0,802 = 13,7$ м³,

Производительность за 1 час эксплуатационного времени работы $\Pi_{\text{э.эк}} = 88 / 8 = 11$ м³.

Производительность машины при валке – обрезке сучьев – трелевке пачки хлыстов за комли. Объем пачки хлыстов при трелевке за комли равен 10,0 м³. Количество хлыстов в пачке $n = 25$ шт. Остальные численные значения исходных данных в формуле производительности приняты прежними.

$$\Pi_{\text{см.он}} = 88 \text{ м}^3, \Pi_{\text{час.он}} = 13,7 \text{ м}^3, \Pi_{\text{э.эк}} = 11 \text{ м}^3.$$

Производительность машины при валке и трелевке деревьев за комли на верхний склад с последующей обрезкой сучьев и складированием хлыстов такая же, как и в предыдущих расчетах.

Аналогов предлагаемой машины ЛЗ-4 нет ни в РФ, ни за рубежом, поэтому расчет экономической эффективности применения машины ЛЗ-4 выполнен в сравнении с комплектом серийно выпускаемых в РФ лесозаготовительных машин для заготовки хлыстов в составе валочно-пакетирующей машины ЛП-19В, трелевочной бесчokerной машины ЛП-18К и сучкорезной машины ЛП-33В при

равных условиях работы. Результат: годовой экономический эффект от реализации нового технического решения составляет 2095,5 тыс. руб./год.

Создание нового поколения предлагаемых машин имеет большие резервы для дальнейшего роста производительности труда и экономической эффективности лесозаготовительного производства.

Библиографический список

1. Правила заготовки древесины. Приказ Федерального агентства лесного хозяйства от 1 августа 2011 г. № 337.

СИСТЕМА УЧЕТА РАБОТЫ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Д.В. КОНДРАТЮК, *зам. гл. конструктора ФГУП «ГНЦ ЛПК», асп. МГУЛ*

ireplay@mail.ru

В настоящее время объемы лесозаготовок показывают устойчивый рост и выходят на докризисный уровень. Согласно стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2020 г., объем лесозаготовок должен вырасти до 243 млн м³. В связи с этим для лесозаготовителей становится особенно важно, чтобы операторы и рабочие максимально эффективно использовали лесозаготовительную технику.

ФГУП «ГНЦ ЛПК» совместно с ООО «Марафон» разработана система учета работы лесозаготовительных машин. Данная система позволяет производить точный подсчет следующих параметров и значений:

- учет объема заготавливаемой древесины;
- анализ эффективности использования техники;
- выявление и расследование фактов нецелевого использования техники;
- учет нормативного и фактического расхода топлива на работу техники с применением зимних и летних норм;
- учет реальных объемов заправок, выявление сливов топлива;
- учет пробега и простоя техники, отработанного оператором времени.

Описываемая система учета работы машины оснащена бортовым навигационным оборудованием ГЛОНАСС/GPS, которое в совокупности со специализированным комплексом программных средств представляет собой систему мониторинга перемещения и технического состояния техники. Система мониторинга и управления, кроме традиционных функций систем наблюдения за перемещением техники, обеспечивает реализацию специфических потребностей производителей и сервисных структур, таких как контроль в режиме реального времени соблюдения технических условий эксплуатации техники по состоянию штатных датчиков, подключенных к основным узлам и агрегатам машин. Бортовое навигационное и связанное оборудование (БНСО) не создает электромагнитных помех основному оборудованию транспортного средства, что отвечает требованиям инструкции по эксплуатации транспортного средства к дополнительному оборудованию и исключает возможность создания помех в работе водителя (машиниста)

Работоспособность БНСО обеспечивается при размещении внутри кабины водителя в диапазоне температур от -30° до $+50^{\circ}$ С.

Бортовое навигационное оборудование:
 – абонентский телематический терминал (также называемый Регистратором), в состав которого входят микроконтроллер, энергонезависимая память для записи и хранения данных;

– блок сбора данных, имеющий дискретные и аналоговые входы для подключения контрольных и измерительных устройств, специальный порт для подключения дополнительных устройств. Блок сбора данных подключен к Регистратору через последовательную шину CAN-bus;

– спутниковый навигационный приемник ГЛОНАСС/GPS;

– активная приемная антенна ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS;

– приемо-передающая антенна стандарта Wi-Fi;

Бортовая система непрерывного мониторинга параметров работы лесозаготовительной машины (далее СНМП-ЛЗ) представляет собой программно-аппаратный комплекс по сбору, хранению, анализу и отображению данных о режимах и параметрах работы лесозаготовительной машины с целью оптимизации затрат на эксплуатацию лесозаготовительной машины, оценки эффективности его использования, контроля за предельными условиями эксплуатации. СНМП-ЛЗ разрабатывалась для применения на экспериментальной лесопогрузочной машине ЛЗ-5 с двигателем А-01МРСИ.

Технические средства СНМП-ЛЗ состоят из следующих компонентов:

– бортовая система сбора данных (с функцией временного хранения данных);

– мобильный терминал сбора данных;

– сервер хранения и обработки данных.

Бортовая система сбора данных предназначена для измерения технологических параметров лесозаготовительной машины с помощью датчиков, первичной обработки сигналов с датчиков, хранения этих данных в течение 10 суток, передачи данных через беспроводное соединение на мобильный терминал сбора данных.

Бортовая система сбора данных состоит из следующих компонентов:

– регистратор данных с беспроводным интерфейсом, включающий систему контро-

ля скорости и пройденного пути с использованием навигационного приемника ГЛОНАСС/GPS;

– датчик угла наклона (инклинометр);

– системы оценки массы/объема груза в кузове;

– система контроля текущего (рабочего) режима работы двигателя;

– система контроля топлива в баке по объему;

Регистратор данных с беспроводным интерфейсом представляет собой электронное устройство в жестком герметизированном корпусе. Регистратор получает данные от датчиков и систем, входящих в состав СНМП-ЛЗ. Полученные данные регистратор хранит в энергонезависимой памяти в течение не менее 10 суток или до передачи на мобильный терминал. Регистратор имеет встроенные часы реального времени, которые могут быть заданы, проверены и подстроены во время сеанса связи с мобильным терминалом. Данные имеют временную метку, сгенерированную на основе часов реального времени с точностью 0,1 с.

Для связи с мобильным терминалом регистратор имеет беспроводной интерфейс. Передача данных от регистратора к мобильному терминалу осуществляется автоматически при одновременном появлении регистратора и мобильного терминала в зоне действия одной сети путем считывания сохраненных в регистраторе данных. Все соединения инициируются программным обеспечением регистратора.

Антенна беспроводного интерфейса передачи данных может располагаться в кабине машины. Расположение антенны оказывает влияние на расстояние и скорость передачи данных, поэтому окончательное расположение антенны на машине определяется экспериментально в процессе опытной эксплуатации машины.

Система контроля пройденного пути обеспечивает измерение скорости в диапазоне 1...15 км/ч с точностью 0,25 км/ч. Это достигается использованием ГЛОНАСС/GPS приемника с возможностью измерений псевдодальности по фазе кода и фазе несущей. Активная антенна навигационного приемника расположена в верхней части машины



Рис. 1 Структурная схема СНМП-ЛЗ

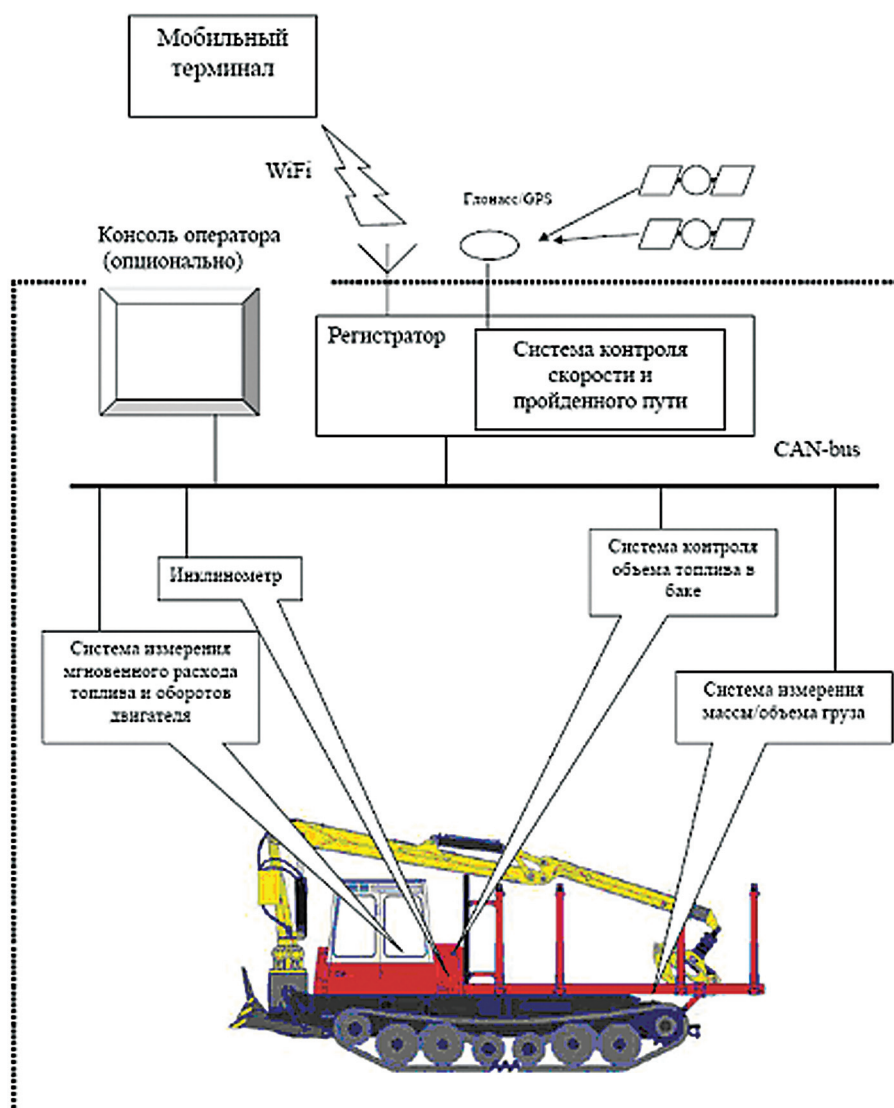


Рис. 2. Структурная схема технических средств СНМП-ЛЗ



Рис. 3. Регистратор и блок сбора данных системы СНМП-ЛЗ с соединительными жгутами, установленные в кабине машины ЛЗ-5

таким образом, чтобы исключить экранирование спутниковых сигналов элементами конструкции машины. Датчик угла наклона обеспечивает измерение синуса угла наклона к горизонтальной оси в диапазоне от 0 до 30 градусов с точностью 0,5 град.

Контроль наличия груза, фиксация погрузки, разгрузки и оценка массы/объема груза в кузове лесозаготовительной машины измеряется в диапазоне от 1,0 до 13 т с точностью 0,5 т на первом этапе исследований. Принцип действия механизма контроля груза основан на измерении деформаций механически нагруженных элементов кузова с помощью тензорезистивных датчиков, прикрепленных к соответствующим деталям. На рис. 4 показан тензодатчик, установленный на опорной балке кузова.

Система контроля топлива в баке по массе и объему обеспечивает измерение с точностью 1 % от полного объема бака с целью предотвращения несанкционированного слива топлива.

Подсистема питания СНМП-ЛЗ обеспечивает питанием входящие в состав СНМП-ЛЗ системы, датчики и компоненты, номинальное напряжение питания +24 В, диапазон рабочих (18...50 В). Компоненты системы, установленные на лесозаготовительную

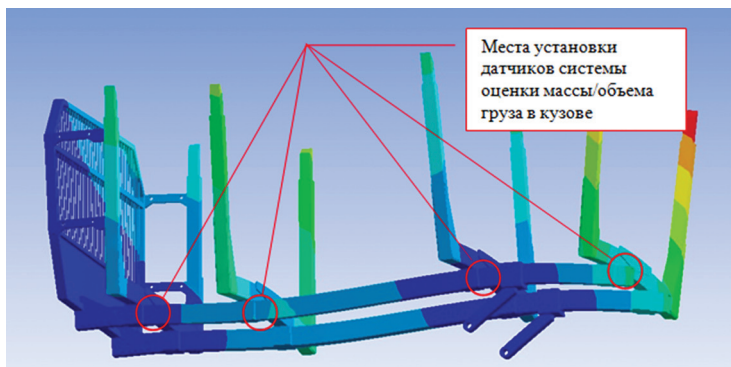


Рис. 4. Тензорезисторный датчик деформаций производства компании KYOWA (Япония) установлен на опорной балке кузова машины ЛЗ-5



Рис. 5. Траектория движения лесозаготовительной машины на навигационной карте, полученная с помощью программы система учета и системы ГЛОНАСС

машину, должны в выключенном состоянии выдерживать проведение электросварочных работ на основном шасси машины.

Сервер хранения и обработки данных представляет собой персональный компьютер, оборудованный средствами доступа по беспроводной сети в формате, применяемом на мобильном терминале и средствами доступа через локальную сеть Ethernet. Сервер хранения данных работает под управлением ОС общего назначения Windows.

Средства визуализации результатов измерений предназначены для оперативного мониторинга работоспособности измерительной системы, могут быть использованы для предварительной оценки параметров работы лесозаготовительной машины. Инструмент визуализации представляет собой интерактивную программу, которая получает файлы данных измерений с лесозаготовительных машин и показывает на экране графики зависимости от времени всех измеренных параметров.

Отчеты, охватывающие, систематизирующие и визуализирующие накопленный массив статистики, включают следующие способы представления данных:

– гистограммы распределения параметров (пройденный путь и расход топлива по лесозаготовительным машинам);

– истории изменения параметров во времени (остаток топлива в баке или средний дневной пробег);

– корреляционные зависимости параметров (например, удельный расход топлива как функция нагрузки на инструмент, или связь дневного пробега с количеством изменений направления движения, или расход топлива от средней плотности лесозаготовительных машин на единицу площади);

– списки лесозаготовительных машин, отсортированные по произвольному параметру (например, список, отсортированный по расходу топлива или дневной выработке);

– карты местности с отображенными на ней статистическими свертками (например, среднее время нахождения на определенном участке местности, или средняя скорость движения на участке).

Итак, система учета работы лесозаготовительной машины позволяет оптимизировать затраты на эксплуатацию, оценивать эффективность ее использования и осуществлять контроль за предельными условиями эксплуатации.

Библиографический список

1. И.Н. Пугачев // Вопросы надежности пути и транспортных сооружений в суровых климатических условиях: межвуз. сб. науч. тр./ под ред. Г.М. Стояновича. – Хабаровск: ДВГУПС, 2004. – С. 139–144.
2. Власов, В.М. Информационные технологии на автомобильном транспорте / В.М. Власов, А. Б. Николаев, А. В. Постолиит, В.М. Приходько. – МАДИ (Гос. тех. ун-т). – М.: Наука, 2006. – С. 283.

ТЕХНОЛОГИЯ ПЯТИКООРДИНАТНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ, ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПЛАСТМАСС И СОЗДАНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕНТРА

В.А. КОНДРАТЮК, *проф.*, *ген. директор ФГУП «ГНЦ ЛПК»*, *д-р экон. наук*,
В.А. КОСАРЕВ, *доц.*, *зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК»*, *канд. техн. наук*

gnclpk@mail.ru

Многокоординатная механическая обработка материалов

Рыночная доля технологий многокоординатной механической обработки полимерных композиционных материалов (ПКМ,

в том числе древеснонаполненных композиций), древесины и пластмасс невелика. В настоящее время такие технологии востребованы, прежде всего, в мебельной промышленности и производстве столярных изделий, как например, при обработке мебельных фа-

садов, дверных полотен из древесины и плит МДФ. Также в незначительной степени они востребованы в ряде других производств при изготовлении изделий со сложной формой: художественных изделий, макетов, моделей литейных форм и т.п. И надо заметить, потребность в применении технологий многокоординатной обработки заметно возрастает с каждым годом.

Технологии многокоординатной обработки материалов относятся к наукоемкой области, оказывающей влияние на развитие механообработки и всего станкостроения, на появление новых высокоэффективных технологий производства продукции.

Области применения технологий пятикоординатной обработки ПКМ, древесины и пластмасс

Оборудование данного класса позволяет эффективно вести обработку объемных форм.

Основное отличие пятикоординатных обрабатывающих центров от трехкоординатных заключается в наличии поворотной фрезерной головки, подвижной в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях, которая позволяет производить обработку не только вертикально расположенным шпинделем (как у 3D-станков), но и при его расположении под любым углом к поверхности обрабатываемой детали.

Наличие двух дополнительных поворотных координат и установка системы ЧПУ с поддержкой пятикоординатной интерполяции позволяет обрабатывать такие изделия, которые невозможно (либо затруднительно) обработать на обычных трехкоординатных фрезерных станках с ЧПУ. При этом возможна обработка вертикальных поверхностей и глубоких поднутрений. Также появляется возможность сверления отверстий под различными углами.

Технологии пятикоординатной обработки в лесопромышленном комплексе России находят применение уже давно. В деревянном домостроении трех-, четырех- и пятикоординатные обрабатывающие центры используются для выполнения большого количества раз-

личных технологических операций, особенно по обработке деталей и элементов кровли и перекрытий. Обработка выполняется различными режущими инструментами: цепными и круглыми пилами, цилиндрическими и концевыми фрезами, сверлами.

Примером пятикоординатной обработки древесины для изготовления элементов деревянного домостроения являются технологические комплексы K2i, K3i и PVA фирмы Hundegger (Германия). Так, порталный пятиосевой обрабатывающий центр линии PVA имеет шпиндель мощностью 38 кВт и 11-позиционный магазин для автоматической смены инструментов. Он выполняет полный комплекс необходимых технологических операций фрезерования, пиления, сверления и пазования строительных панелей. Данный обрабатывающий центр имеет различные исполнения для обработки клееных и массивных панелей неограниченной длины шириной до 8 м и толщиной до 48 см.

Пятикоординатный центр комплексов K2i и K3i позиционно-проходного типа предназначен для выполнения всех видов присадочных операций и продольного профилирования длинномерных брусков и бруса сечением от 20 x 50 до 300 x 450 мм, а также оцилиндрованных бревен. Обработка осуществляется с использованием сменных фрез, сверл и пил соответствующих типоразмеров, размещенных в многопозиционном инструментальном магазине.

Модификация центра K3i отличается от K2i возможностью параллельного выполнения операций, что существенно сокращает полный цикл обработки деталей.

Обрабатывающие центры указанной фирмы оснащены программами ЧПУ, позволяющими устанавливать на шпинделе оптимальные обороты для используемых конкретных режущих инструментов. Это позволяет учесть их конструктивные и размерные характеристики и тем самым обеспечить высокое качество выполнения всех технологических операций обработки.

Основное применение технологии пятикоординатной обработки ПКМ, древесины и пластмасс находят в следующих областях.

Мебельное и столярное производство

- изготовление сложных элементов и скульптурной резьбы мебели,
- изготовление элементов лестниц и перил,
- изготовление простых деталей на одном станке без необходимости переустановки для обработки различных элементов заготовки.

Дизайн

- изготовление изделий для отделки интерьеров помещений и экстерьеров зданий,
- изготовление предварительных моделей и отдельных конструктивных элементов современных зданий,
- изготовление моделей обвеса автомобилей (автотюнинг),
- изготовление моделей для лепки и литья.

Реклама

- объемные рекламные элементы,
- Изготовление объемных логотипов.

Судостроение

- изготовление пуансонов и матриц для корпусов яхт,
- изготовление различной судовой оснастки.

Быстрое прототипирование и моделирование

- изготовление прототипов автомобилей в натуральную величину,
- изготовление прототипов авиационной техники,
- изготовление различных концепт-изделий.

Изготовление сложных объектов по спецзаказам (спортивных бобов и т.п. изделий)

В настоящее время потребность российских предприятий в выполнении пятикоординатной обработки закрывается в основном путем приобретения импортных центров.

Особенности осуществления технологий пятикоординатной обработки

ПКМ, древесина и пластмассы – материалы с широким диапазоном варьирования показателей физико-механических и теплофизических свойств, прямо влияющих на обрабатываемость резанием. Практически ряд материалов для обработки на обрабатывающем центре (ОЦ) может включать от термопластичных до очень твердых и хрупких композитов, от легких газонаполненных полимеров до весьма специфичных анизотропных пород древесины.

К примеру, плотность этих материалов в 5–10, а некоторых газонаполненных полимеров и в сотню раз меньше плотности металлов и сплавов. В то же время другие свойства ПКМ, как твердость, прочность и т.п. часто находятся на уровне металлов.

Это разнообразие свойств рассматриваемых материалов предъявляет специфические требования к технологии их обработки резанием. Следовательно, и при разработке конструкции ОЦ, его инструментального оснащения необходимо учитывать специфику данных материалов. Техническая характеристика ОЦ должна позволять высокопроизводительно и качественно вести их механическую обработку.

Обработка ПКМ и пластмасс

Большинство материалов на основе полимеров хорошо поддается обработке резанием и может выполняться на обычном металлорежущем оборудовании. Однако скорость резания и скорость подачи, а также инструмент для их обработки должны быть другими в зависимости от свойств обрабатываемого материала. Следует учитывать также и температурный режим в зоне резания, так как возможны деформирование деталей, деградация материала, выделение вредных газообразующих продуктов и пыли.

При обработке пластмасс рекомендуется увеличивать задний угол резца до 15–25°, резца с деталью, что приводит к быстрому износу режущей кромки резца и повышенному тепловыделению. Для материалов со сливной

стружкой, например у термопластов, оптимальный передний угол у резца находится в пределах 10–20°. При обработке терморезактивных материалов с ломкой стружкой передний угол выбирают в пределах 0–5°.

Скорость резания выбирают исходя из вида обрабатываемого материала и типа режущего инструмента. Для термопластов, обрабатываемых быстрорежущими резцами, скорость резания выбирается в диапазоне 10–15 м/сек. Подача при черновой обработке составляет 0,3–0,6 мм/об, при чистовой – 0,05–0,2 мм/об. Глубина резания рекомендуется не более 2,5–3,0 мм. При обработке терморезактивных материалов с дисперсными наполнителями скорость резания в зависимости от вида материала выбирается в диапазоне 2–8 м/сек, подача – до 0,3 мм/об.

От режимов обработки зависит не только производительность процесса, но и шероховатость поверхности, на которую наибольшее влияние оказывает подача. Чем меньше подача, тем меньше высота микронеровностей. При обработке термопластов устойчиво получается шероховатость в пределах Ra 2,5–10, а при чистовом – Ra 0,63–1,25 мкм. При обработке терморезактивных материалов шероховатость достигается в пределах Ra 2,5–10 мкм. Меньшей шероховатости можно достичь лишь при обработке алмазным инструментом. Его особенно целесообразно применять при обработке оргстекла с целью сохранения полной прозрачности обрабатываемого материала.

При выборе фрез для обработки ПКМ и пластмасс, в отличие от обработки металла, исходят из следующих условий. Фрезы должны иметь по возможности меньшее число зубьев, так как существует необходимость увеличения объема стружечных канавок. Большой угол наклона главных режущих кромок к оси фрезы – для обеспечения плавности работы и снижения ударной нагрузки на резцы. Передний угол обычно выбирается в диапазоне 10–15°.

При обработке термопластичных материалов угол наклона зубьев к оси фрезы выбирается равным 20–25°, при заточке допускается фаска на задней поверхности зубьев размером

до 0,03 мм. При необходимости зона резания охлаждается дополнительно струей воздуха. Фрезы изготавливаются из быстрорежущей стали или из твердых сплавов.

Для обработки реактопластов используют фрезы из быстрорежущей стали или с твердосплавными пластинами. Применяют обычно фрезы с углом наклона спирали 45–50°. Использование фрез с наклонным зубом обеспечивает плавность ее врезания в материал и уменьшает количество образующейся при обработке пыли.

Слоистые пластики, армированные стекло- и асболокном, углеродными волокнами, обрабатывают фрезами с твердосплавными пластинами при скоростях резания 2–5 м/сек и подачах 0,1–0,3 мм/зуб. При хлопчатобумажных наполнителях – $V=5-10$ м/сек и подаче 0,3–0,5 мм/зуб.

Плоскости и уступы обрабатываются торцовыми фрезами с твердосплавными пластинами.

Для обработки фасонных поверхностей деталей применяются фасонные фрезы. При обработке слоистых материалов такими фрезами рекомендуется скорость резания не более 5 м/сек при подаче 0,03–0,08 мм/зуб.

Сверление термопластичных материалов может производиться сверлами как из быстрорежущей стали, так и оснащенными твердосплавными пластинами. Сверлами из быстрорежущей стали сверлятся отверстия небольшого диаметра и в реактопластах. Отверстия диаметром более 5 мм в стекло- и асбонаполненных пластмассах обрабатывают твердосплавными сверлами. Скорость резания составляет 1–2 м/сек, а подача – 0,05–0,1 мм/об. Отверстия диаметром более 10 мм необходимо предварительно обработать сверлом диаметром 5–6 мм, а затем рассверлить их большими сверлами.

Обработка древесных материалов

Сопrotивление древесины резанию обусловливается ее породой и направлением резания. В зависимости от расположения волокон древесины виды резания подразделяются на торцевое, продольное, поперечное и под углом. Вид резания определяет соотно-

шения сил резания: сопротивление резанию вдоль направления волокон в 2–3 раза, а по торцу в 6 раз выше, чем при резании в поперечном направлении. Сила резания также зависит от угла резания и остроты режущей кромки. При затуплении резца возникают деформации, смятие волокон, сопровождаемые действием сил упругого восстановления, которые могут достигать уровня силы резания (для затупленного резца). Шероховатость обработанной поверхности снижается с уменьшением угла резания, толщины стружки и с увеличением скорости резания.

Обработку древесины производят на ОЦ тем же набором режущих инструментов, что и ПКМ. Используются как цилиндрические и фасонные фрезы, крепящиеся на цилиндрической оправке в шпинделе станка, так и концевые, крепящиеся непосредственно в шпинделе станка.

Параметры инструментов близки к рекомендуемым для обработки ПКМ. Основное отличие процессов обработки данных материалов заключается в рекомендации вести обработку древесины на более высоких – повышенных до 20–30 м/сек – скоростях резания. Это положительно отражается на качестве обработки и позволяет снизить удельные энергозатраты на единицу объема снимаемого припуска. Также для предварительной (черновой) обработки допускается применять, при условии использования соответствующих фрез, более высокие величины подачи – до 0,2–0,3 мм/об. При чистовой обработке концевыми фрезами подача на 1 оборот составляет 0,03–0,08 мм.

Скорость вращения шпинделя задается в основном из расчета получения линейной скорости резания более 10 м/сек. Отсюда, с учетом типоразмерного ряда применяемых режущих инструментов, определяются и параметры рабочей головки по диапазону бесступенчато регулируемых скоростей вращения шпинделя.

Из-за волокнистого строения и анизотропии механических свойств древесины для выполнения отверстий (особенно в направлении поперек волокон) часто применяют сверла с подрезателями и направляющим

центром. Подрезатель перерезает волокна, режущая кромка их скалывает. Для предотвращения увода сверла в сторону служит направляющий центр. Для глубокого сверления вдоль волокон применяют ложечные и спиральные сверла, для выполнения отверстий под головки болтов, винтов, шурупов используют раззенковочные сверла. Сверление древесины производят при частоте вращения 3–10 тыс. об/мин с подачей 0,1 – 0,3 мм/об для твердых пород и фанеры, 0,5–2,0 мм/об для мягких пород древесины.

Расчет сил и мощности резания при обработке ПКМ, древесины и пластмасс на пятикоординатном Центре

Самые большие усилия, воздействующие на шпиндель при обработке, будут иметь место при условии полного использования его установленной мощности.

На пятикоординатных ОЦ обработка ведется в основном различными концевыми фрезами. Из рассмотрения схемы обработки такими инструментами следует вывод, что на шпиндель при фрезеровании воздействуют крутящий момент в незначительной степени радиальная и осевая силы (последние могут возникать, менять направление и величину при резании по мере нарастания затупления или, иными словами, потери остроты режущих кромок фрезы. Они также зависят от режима обработки – от толщины снимаемой стружки, типа и параметров фрезы). Из-за малости значений последние не рассматриваются в расчете сил и мощности резания ОЦ. Таким образом, при конструировании и расчете шпинделя, его жесткости и прочности учитывают в первую очередь мощность привода.

Радиус окружности резания при фрезеровании концевыми фрезами типа универсальных или со сферическим, профильным или коническим концом находится в диапазоне от 0 до величины, равной наибольшему радиусу режущей части фрезы. Отличительная особенность фрезерования такими фрезами состоит в том, что каждая точка режущих кромок фрезы имеет свой радиус резания, глубину резания, толщину стружки, угол ре-

зания, угол встречи с волокнами материала, передний и задний углы резания.

На практике нагрузки на шпиндель имеют несколько меньшие, чем установленная электрическая мощность значения в связи с тем, что обработка ведется с неполным использованием всей его мощности. Критерием для назначения режимов фрезерования является в основном величина скорости резания: чем выше скорость резания, тем лучше качество обработки и ниже расход мощности.

Для оптимизации использования технических возможностей ОЦ с обеспечением достижения желаемых результатов по производительности и качеству его работы рекомендуется пользование результатами соответствующих научных исследований. Так, зная расчетные величины удельной работы резания по снятию единицы объема стружки K , дж/см³, при определенных условиях фрезерования в зависимости от угла встречи резца фрезы с древесиной и от средней толщины снимаемой стружки можно обоснованно задавать определенные параметры режима обработки (Л.2). Как было установлено автором Н.А. Кряжевым, в диапазоне практических значений параметров инструмента и показателей обрабатываемого материала удельная работа резания при фрезеровании древесины может различаться в 5–8 раз, в зависимости от конкретных показателей указанных переменных факторов процесса.

В итоге это позволит повысить показатели работы дорогостоящего технологического оборудования и гарантированно получать нужные качество и точность обработки.

Обоснование потребности разработки и создания специального обрабатывающего центра для механообработки ПКМ, древесины и пластмасс.

Пятикоординатная обработка за 1 станок на данном этапе развития технического прогресса становится стандартной возможностью организации и осуществления производственных процессов, особенно в оборонном комплексе, машиностроении и в производстве изделий из ПКМ, древесины и пластмасс. Этому способствует и разнообразие типоразмеров предлагаемых промышленностью режущих

инструментов и инструментальной оснастки, что позволяет разнообразить варианты исполнения технологического оборудования с целью получения более быстрых, точных и интегрированных процессов обработки. Интеграция различных производственных процессов в обрабатывающих центрах сокращает производственные циклы и снижает расходы на изготовление изделий.

Для различных процессов механической обработки возможно подобрать соответствующий универсальный инструмент, заменяющий несколько простых. Это способствует значительному сокращению времени обработки и расширению областей его применения.

Сегодня существует настоятельная потребность в разработке и создании отечественных специализированных пятикоординатных центров для обработки различных ПКМ и древесины.

ФГУП «ГНЦ ЛПК» инициировал включение в подпрограмму «Развитие отечественного станкостроения и инструментальной промышленности» на 2011–2016 г. федеральной целевой программы «Национальная технологическая база» на 2007–2011 г. проекта «Разработка пятикоординатного обрабатывающего центра со специальной инструментальной оснасткой для механообработки крупногабаритных деталей из полимерных композиционных материалов, дерева и пластмасс».

НИОКР была выставлена Министерством промышленности и торговли Российской Федерации на конкурс по направлению «Механообрабатывающее оборудование, его разработка и технологическое обеспечение серийного производства» в разделе «Разработка и технологическое обеспечение серийного производства специализированного оборудования для прецизионной размерной механической обработки деталей сложной формы из неметаллических материалов».

Департамент базовых отраслей промышленности Минпромторга РФ разработал следующее техническое задание на создание данного Центра.

1. Цель работы

Обеспечение потребностей российских машиностроительных предприятий

высокопроизводительными многофункциональными обрабатывающими центрами со специальной инструментальной оснасткой для сложной глубокой механообработки крупногабаритных деталей из композиционных материалов, дерева и пластмасс.

2. Задачи работы:

– разработка принципиальных технических решений, обеспечивающих возможность создания 5-координатного обрабатывающего центра со специальной инструментальной оснасткой для механообработки крупногабаритных деталей из полимерных композиционных материалов, дерева и пластмасс;

– разработка рабочей конструкторской документации, изготовление опытного образца, подготовка серийного производства ОЦ.

В результате выполнения работы должно быть обеспечено получение наукоемкой продукции, конкурентоспособной на мировом уровне.

3. Требования к разрабатываемой продукции:

– Назначение разрабатываемого оборудования: технологические операции обработки полимерных композиционных материалов, дерева и пластмасс – сложная (объемная) фрезерная обработка деталей и разнообразная фрезерная обработка по периметру поперечного сечения деталей.

– Обеспечение высокой производительности и расширение функциональных возможностей разрабатываемого оборудования на основе установки дополнительных специальных фрезерных и других рабочих головок и специальных технологических приспособлений.

– Количество управляемых координат (осей) – 5.

– Количество одновременно интерполируемых координат (осей) – 5.

– Перемещения по координатным осям, мм:

X – не менее 6000;

Y – не менее 1600;

Z – не менее 600.

– Повороты осей двухкоординатной головки, град:

по оси «А» (суппорт) – не менее ± 100 ;

по оси «С» (каретка) – не менее ± 180 .

– Максимальные скорости перемещения по линейным координатным осям, м/мин:

X – не менее 20;

Y – не менее 20;

Z – не менее 15.

– Номинальная мощность шпинделя, кВт – не менее 11.

– Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин – не менее 18000.

– Погрешность позиционирования (перемещения, поворота):

по оси X, мм – не более 0,025;

по оси Y, мм – не более 0,025;

по оси Z, мм – не более 0,015;

по оси «А», угловая секунда – не более 30;

по оси «С», угловая секунда – не более 20.

– Автоматическая смена инструмента: емкость магазина инструментов, шт.

– не менее 12;

время смены инструмента, с – не более 8.

4. Конструктивные требования

– центр должен иметь порталную компоновку с неподвижным столом и двухкоординатной шпиндельной головкой;

– координатные перемещения должны обеспечиваться использованием прецизионных направляющих и исполнительных устройств, приводов подач, а их контроль должен обеспечиваться датчиками линейных и круговых перемещений;

5. Себестоимость создаваемой научно-технической продукции при серийном производстве должна быть как минимум на 25 % ниже продажной цены на российском рынке зарубежных аналогов с близкими техническими характеристиками.

6. Ожидаемые результаты:

– Опытный образец и подготовка серийного производства Центра.

– Ликвидация критической импортной зависимости в области механообработки крупногабаритных деталей из композитов, древесины и пластмасс.

– Обеспечение производства на российских машиностроительных предприятиях

крупногабаритных деталей из композитов, древесины и пластмасс.

– Оформление прав собственности Российской Федерации на результаты интеллектуальной деятельности в рамках выполнения работ

В результате проведенного конкурса право заключения контракта на выполнение данной НИОКР с департаментом базовых отраслей промышленности Минпромторга РФ выиграл Московский государственный технический университет «Станкин». ФГУП «ГНЦ ЛПК» является соисполнителем этой НИОКР, выполняя разработку и создание опытного образца комплекта технологического обеспечения ОЦ для выполнения пятикоординатной обработки ПКМ, древесных материалов и пластмасс.

НИОКР выполняется в 2011–2013 г.г.

В 2012 г. выполняется рабочее проектирование ОЦ и его технологической оснастки.

В соответствии с утвержденным календарным планом работ приемочные испытания опытно-промышленного образца ОЦ будут проведены в 1-м квартале 2013 г.

Функциональное наполнение и широкий набор инструментальных средств, предусматриваемых для применения на ОЦ, позволят эффективно использовать системы технологического обеспечения центра как в обработке ПКМ, пластмасс, так и в деревообработке.

Библиографический список

1. Косарев, В.А. Деревообрабатывающее оборудование: состояние, проблемы, задачи и перспективы // В.А. Косарев // Деревообр. пром-сть, 2011. – № 2. – С. 3–5.
2. Кряжев, Н.А. Фрезерование древесины / Н.А. Кряжев. – М.: Лесная пром-сть, 1979. – 200 с.
3. Каталог режущего инструмента и инструментальной оснастки «Leitz-Lexikon.Edition 6». Фирма Leitz (Германия).

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЛИСТВЕННЫХ КОРОТКОМЕРНЫХ СОРТИМЕНТОВ

Д.В. КОНДРАТЮК, зам. гл. конструктора ФГУП «ГНЦ ЛПК», асп. МГУЛ

Е.В. КРАВЦОВ, зав. отд. лесопиления и д/о пром-сти ФГУП «ГНЦ ЛПК», асп. МГУЛ

gncplpk@mail.ru

В настоящее время одной из важнейших проблем развития лесопильного производства является лесосырьевое обеспечение. Данная проблема обусловлена истощением лесосырьевой базы в транспортно развитых лесных регионах России, имеющих высокую концентрацию лесопильных и деревообрабатывающих мощностей [1].

Наиболее значительно это ощущается в Центральном и Северо-Западном федеральных округах, где лиственные породы в лесфонде составляют более 50 %, а в отдельных субъектах Российской Федерации – до 80 %, что составляет около 49,0 млн м³ [2].

Такая ситуация сложилась из-за диспропорции существующих мощностей по переработке хвойного и лиственного сырья. Большинство лесопильных производств ориентировано на переработку дорогостоящего

хвойного пиловочника, дефицит которого с каждым годом усиливается. В результате проблема переработки лиственной и низкокачественной древесины приобретает особую актуальность.

Значительную часть низкокачественного древесинного сырья можно использовать для получения деловой продукции путем дополнительной обработки или переработки. Количество низкокачественной древесины, поступающей на нижний склад, зависит от состояния лесосырьевой базы или отведенных в рубку лесосек. Среднее содержание низкокачественной древесины при сплошных рубках составляет в сосновых и еловых древостоях 15–25, в лиственных 25–35, в березовых 45–75, в осиновых 55–80 % [3].

Технология продольного раскроя короткомерных лесоматериалов, особенно име-

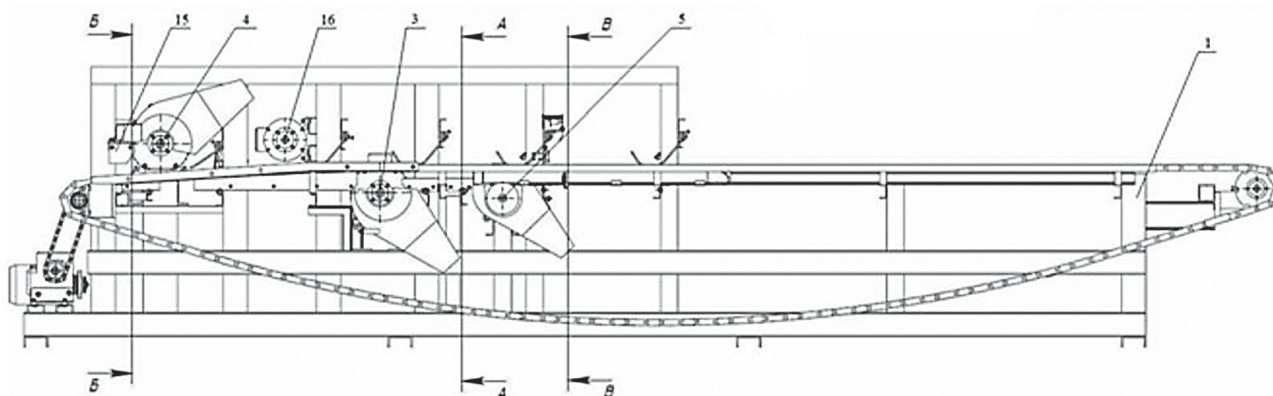


Рис. 1. Станок для продольного раскроя короткомерных лесоматериалов СРК-1

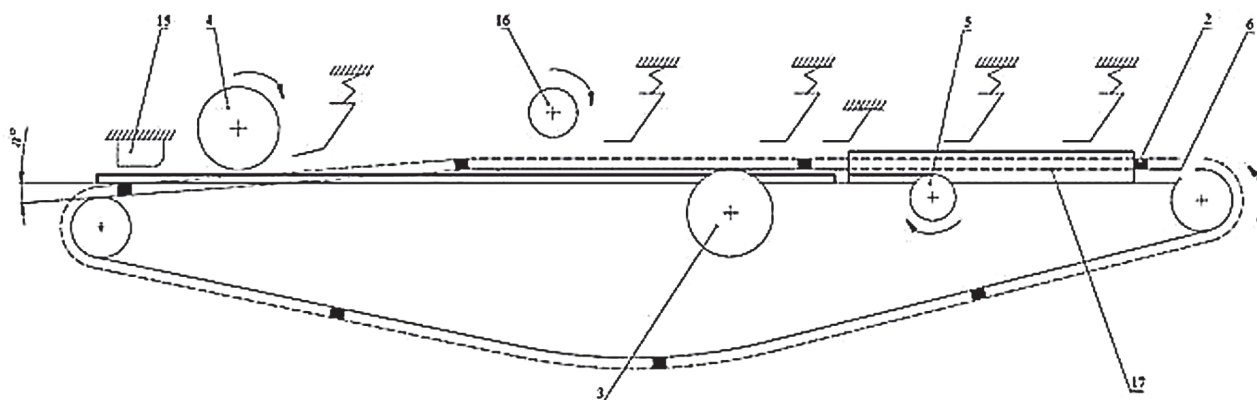


Рис. 2. Схема станка для продольного раскроя короткомерных лесоматериалов СРК-1

Вид А

Вид Б

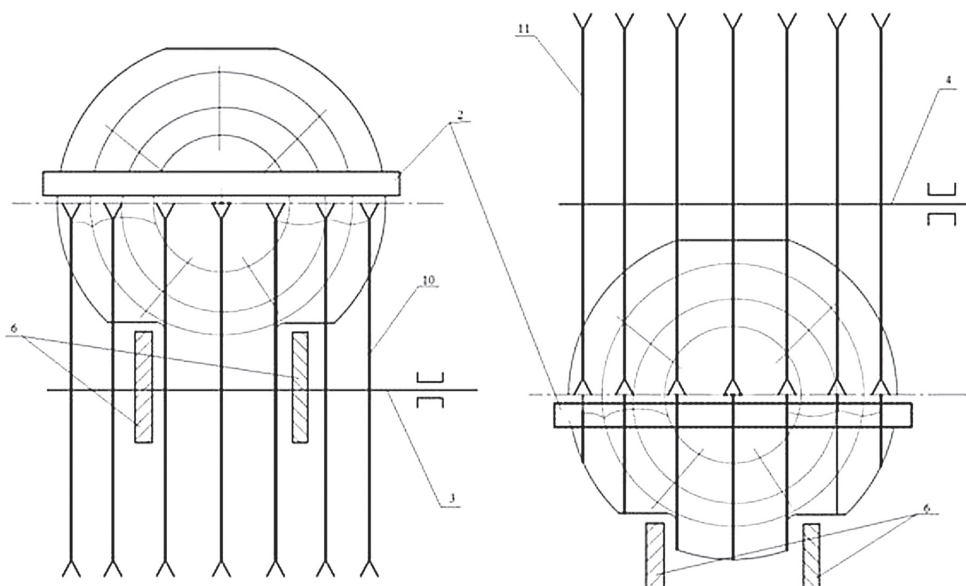


Рис. 3. Схема нижнего и верхнего яруса пиления

ющих отклонения геометрической формы, специфична. Такие материалы трудно ориентировать при подаче в станок, сложно обеспечивать их четкое базирование при раскрое. Большие затруднения вызывает проблема

обеспечения безопасной работы в части исключения возможности обратного выброса пиломатериалов или заготовок при их подаче в станок. Это, прежде всего, относится к конструкциям круглопильных станков.

Специализированные станки для продольного раскроя короткомерных лесоматериалов на рынке практически отсутствуют, что необходимо принимать во внимание при организации рационального и высокопроизводительного лесопиления всего объема сырья и особенно при пилении лесоматериалов листовых пород древесины – березы, осины, ольхи, тополя. Поскольку тонкомерная листовая древесина имеет часто значительную кривизну и малый диаметр, то ее использование фактически ограничивается применением в биоэнергетических целях, т.е. сжиганием для производства тепловой или электроэнергии.

Предлагаемая технология основана на использовании разработанного на базе ФГУП «ГНЦ ЛПК» многопильного круглопильного станка для продольного раскроя тонкомерной короткомерной древесины, который обеспечивает получение высоколиквидной продукции с большой добавленной стоимостью, с оптимальными параметрами по точности и качеству, что увеличит ее конкурентоспособность и полезный выход, позволит ввести в хозяйственный оборот мало востребованные сегодня низкокачественные лесоматериалы.

Низкокачественная древесина, имеющая кривизну и другие погрешности формы, короткомерные деловые отрезки, остающиеся от раскряжевки хвойных и особенно листовых хлыстов, получающиеся в лесопильных и шпалорезных цехах, перерабатывают в мелкие пиломатериалы – паркетную доску и обшивочные материалы, а также черновые заготовки и т.п. В цех по переработке низкокачественной древесины поступают хвойные и листовые кряжи диаметром 12÷22 см, длиной от 0,6÷3 м, имеющие кривизну и другие погрешности формы. Продукцией этого цеха являются необрезные пиломатериалы длиной 0,6÷3 м, толщиной 12÷28 мм и шириной 70÷100 мм. Выход продукции при переработке низкокачественной древесины в мелкие пиломатериалы составляет до 45 % в зависимости от качества сырья и толщины выпиленных заготовок.

Разработанный станок для продольной распиловки короткомерных лесоматериалов СРК-1 содержит раму, механизм подачи непрерывного действия с поперечно ориен-

тированными упорами, расположенное в обрабатываемой зоне станка пильное устройство, имеющее нижний ярус и смещенный в направлении подачи верхний ярус дисковых пил с совмещенными плоскостями резания.

Загрузка круглого лесоматериала 17 (рис. 2) осуществляется на транспортирующий механизм подачи непрерывного действия с поперечно ориентированными упорами 2. Круглый лесоматериал 17 подают в обрабатываемую зону станка непосредственно поперечно ориентированными упорами 2 данного механизма. В процессе подачи фрезерные головки 5 калибруют поверхности круглого лесоматериала, которые ориентируются на поверхности базирования направляющих 6. Лесоматериал упорами 2 транспортирующего механизма подается в зону резания дисковых пил 3 и 8 нижнего яруса. При дальнейшей подаче лесоматериала 17 производится его пиление дисковыми пилами 4 и 9 верхнего яруса, при этом при подаче лесоматериала 17 в зону резания указанных пил верхнего яруса исключается их контакт с поперечно ориентированными упорами 2 транспортирующего механизма подачи, что конструктивно реализовано расположением ветвей транспортирующего механизма и поверхностей базирования направляющих 6 под углом « α » к плоскости базирования, касательной к верхним кромкам нижних фрезерных головок 5.

Величина угла « α » составляет 5–15°, что оптимально по условиям работы транспортирующего механизма подачи в режиме резания круглого лесоматериала дисковыми пилами 4 верхнего яруса.

Таким образом, обеспечивается беспрепятственное формирование плоскостей резания в задаваемых зонах распила круглого лесоматериала, в том числе в его центральной зоне, что существенно при распиловке тонкомерных круглых лесоматериалов по получению пилопродукции с заданными технологическими параметрами.

Для повышения надежности работы станка в режиме пиления круглого лесоматериала предусмотрены расклинивающие ножи 15, располагающиеся за плоскостями резания

дисковых пил 4, которые исключают зажим дисковых пил в зоне резания.

Последовательная работа нескольких пильных агрегатов многопильного круглопильного станка позволяет обеспечить устойчивую равномерную подачу обрабатываемого бревна и высокую точность по толщине получаемых необрезных пиломатериалов, а использование принципа раскроя по двухвальном схеме дает возможность применять на станке круглые пилы малых диаметров с пропилом шириной до 3 мм. Таким образом, увеличивается полезный выход пиломатериалов, что обеспечивает снижение энергоемкости процесса.

Для повышения технологических возможностей многопильного круглопильного станка предусмотрен дополнительный фрезерный узел 16 (рис. 1), который расположен между дисковыми пилами 3 нижнего яруса и дисковыми пилами 4 верхнего яруса, включаемый оператором при необходимости удаления закомелистости и крупных остатков сучков на обрабатываемых круглых лесоматериалах.

Переработка древесины по предлагаемой технологии (например, березы) происходит следующим образом: тонкомерная древесина березы на раскрой подается с ориентацией стрелы кривизны в плоскости пиления. Для оптимального ведения производственного процесса пиловочное сырье на раскрой лучше подавать с длиной не более 3 м, для чего предусматривается возможность

их дополнительного поперечного раскроя и торцовки. Продольный раскрой производится, как правило, на необрезные пиломатериалы толщиной до 20–28 мм.

Параметры станка позволяют перерабатывать круглые лесоматериалы с диаметром в верхнем торце от 10 см, длиной от 0,6 м и со стрелой кривизны до 2 см на 1 м длины. Регулируемая скорость подачи составляет не менее 6 м/мин, а производительность по исходному сырью достигает более 40 м³/смену.

Таким образом, разработанное оборудование формирует основу организации для глубокой переработки механической переработки низкокачественной древесины, в первую очередь лиственной, в продукцию с высокой добавленной стоимостью, имеющую спрос и высокий уровень конкурентоспособности как на внутреннем, так и на мировом рынках.

Библиографический список

1. Кондратюк, В.А. Знания, навыки и технологии обеспечат будущее лесного комплекса / В.А. Кондратюк // Межотраслевой альманах «Деловая слава России», 2011. – № 3 (31).
2. Кожемяко, Н.П. Концентрация лесных ресурсов российской Федерации и эффективность их использования / Н.П. Кожемяко // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. № 5 (62). – 2008. – С. 124127.
3. Статистика. Официальный сайт Федерального агентства лесного хозяйства. Web: <http://www.rosleshoz.gov.ru/activity/inventory/stat/> (accessed 5 October 2011).

ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГУСЕНИЧНОЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИКЛАДНЫХ ПАКЕТОВ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ

Е.Е. КЛУБНИЧКИН, *вед. науч. сотрудник ФГУП «ГНЦ ЛПК», канд. техн. наук,*
 В.Е. КЛУБНИЧКИН, *мл. науч. сотрудник ФГУП «ГНЦ ЛПК», канд. техн. наук,*
 В.М. КРЫЛОВ, *гл. конструктор ФГУП «ГНЦ ЛПК»,*
 Д.В. КОНДРАТЮК, *зам. гл. конструктора ФГУП «ГНЦ ЛПК», асп. МГУЛ*

gnclpk@mail.ru

В России 720 га территорий, покрытых лесом, из 68 % являются труднопроходимыми, так как рыхлые, болотистые и сыпучие грунты осложняют выполнение лесосечных и лесозаготовительных работ. В данных усло-

виях наиболее целесообразным является использование гусеничных лесозаготовительных машин (ГЛЗМ)

Гусеничный движитель во многих случаях является наиболее целесообразным

по сравнению с колесным двигателем в различных почвенно-грунтовых условиях. Возможность применения гусеничного двигателя зависит от конкретных производственных условий, применение в лесозаготовительном производстве открывает пространство для компьютерного моделирования. Данная статья посвящена возможностям моделирования динамики движения гусеничных лесозаготовительных машин в прикладном пакете компьютерных программ MSC.ADAMS, в основном универсальном модуль MSC.ADAMS / View, который не ориентирован специально на моделирование гусеничных лесозаготовительных машин. Исследование представляет конкретные примеры: моделирование гусеничных лесозаготовительных машин и способов их успешной реализации во время движения по профилю пути с единичными пороговыми препятствиями в оценке свойств маневренности гусеничного шасси и плавности хода.

MSC.ADAMS программный пакет ориентирован на динамическое моделирование механических систем. Он состоит из основных и расширенных пакетов. ADAMS / View пакет, входит в основной пакет для визуального моделирования общих механических систем. Другие пакеты в большей степени сосредоточены на конкретной области механических систем, например, применяемых в транспортных системах железных дорог, автомобилестроения, авиации и т.д. Также существует пакет для моделирования гусеничных машин, если есть возможность покупки ADAMS Tracked Vehicle (ATV) Toolkit, который может решить практически все задачи с моделированием гусеничной машины. Однако для этого коммерческого продукта необходимо приобретение лицензии. Если же необходимо выполнить только несколько расчетов или покупка ATV приложения является экономически невыгодным мероприятием, единственным решением остается использование основных возможностей пакета ADAMS / View environment. Это исследование описывает использование некоторых методов моделирования динамики движения ГЛЗМ, а также в нем приводятся сравнения с ATV приложением.

Другие опубликованные в разных источниках работы по гусеничным двигателям описывают использование MSC. ADAMS для гусеничных машин, но без описания траков (Клубничкин 2008, Karnik 2006). В данных работах говорится о способе моделирования в целом работы гусеничного двигателя по профилю пути и возможность исследовать плавность хода. Предметный поиск показал, что существует много работ, в которых описывается методика применения ATV для гусеничных транспортных средств, однако существует только несколько работ, которые используют ADAMS / View (Madsen 2009), но без конкретного описания методов использования ADAMS / View для удачного расчета гусеничной машины.

ATV Toolkit (рис. 1) является разработкой шведского представительства MSC Software Group (MSC Software, Vdstra Fruclunda, Швеция), developed by Mechanical Dynamic Sweden AB, Malmo. Данное программное приложение позволяет создавать и рассчитывать

Модели, максимально приближенные к реалистичным пространственным моделям гусеничных машин, в среде ADAMS. ATV Toolkit могут использоваться для широкого спектра применений. Эта среда позволяет создавать гусеничные модели транспортных средств в графическом пользовательском интерфейсе. В прикладном пакете используется сборочная процедура, которая автоматически переносит сегменты траков гусеничной ленты вокруг катков и колес. В заданной форме моделирует дизайн зубьев ведущей звездочки, выполняет многие другие функции и алгоритмы. Ключевой особенностью ATV, с нашей точки зрения, является то, что модель гусеничной машины создается через базу данных пользователя, которая содержит всю необходимую информацию, вкладываемую в создаваемую и модифицированную модели ГЛЗМ.

Как отмечалось выше, MSC.ADAMS / View не специальный инструмент для гусеничных систем, поэтому необходимо использование специальной методики для моделирования гусеничных систем. MSC.ADAMS / View может быть использован для создания модели ГЛЗМ и оценки результатов динамики движения ГЛЗМ. Исследуемая модель должна

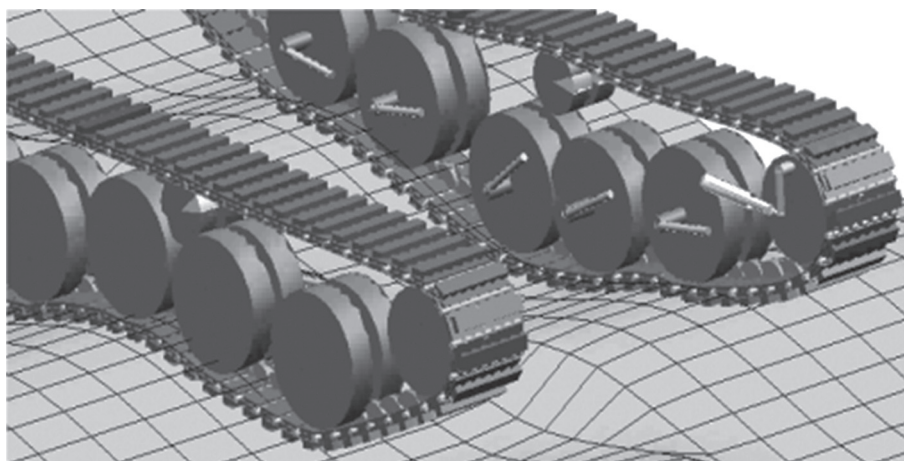


Рис. 1. модель гусеничной машины ATV Toolkit

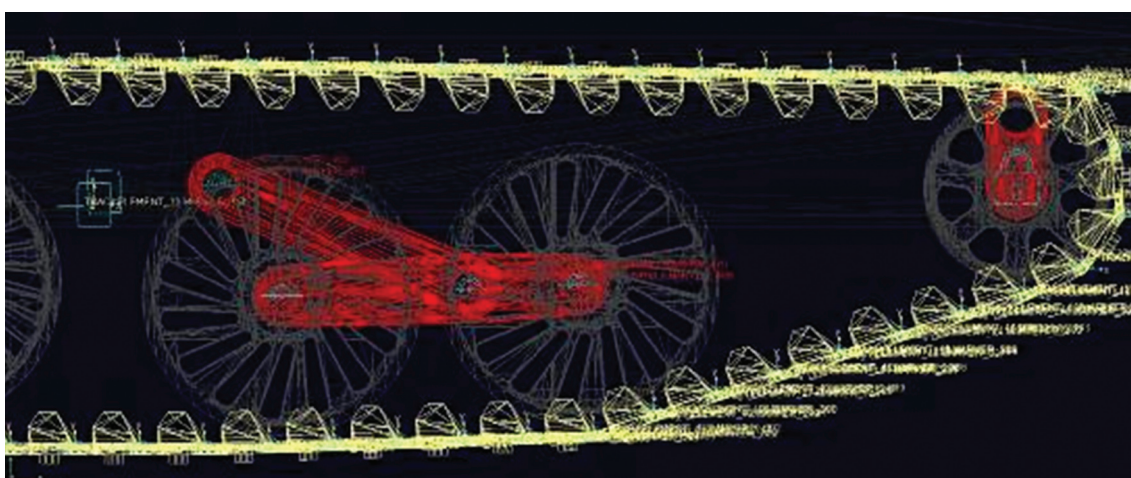


Рис. 2. Сотни контактов в MSC.ADAMS / View. Каждый сегмент гусеничного обвода определен, создан контакт с каждым катком и профилем пути (линиями – связи)



Рис. 3. Гусеничный механизм в ADAMS / View environment. Ведущее зубчатое колесо и траки с сегментами, созданные в SolidWorks и импортированные в MSC ADAMS/View, трак на рисунке свободно оборачивается вокруг колеса

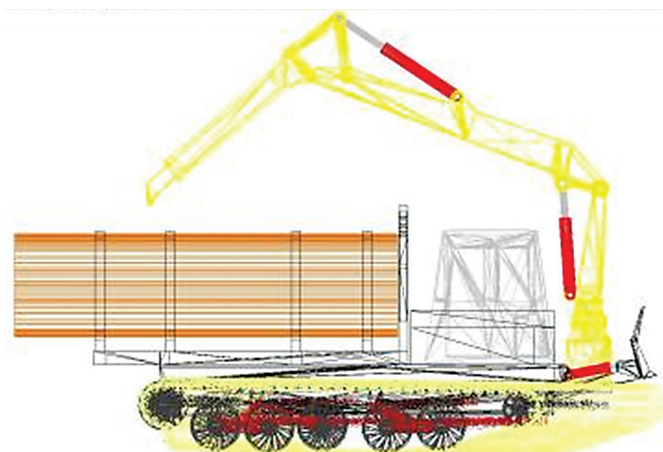


Рис. 4. Лесозаготовительная машина, созданная в ADAMS / View environment

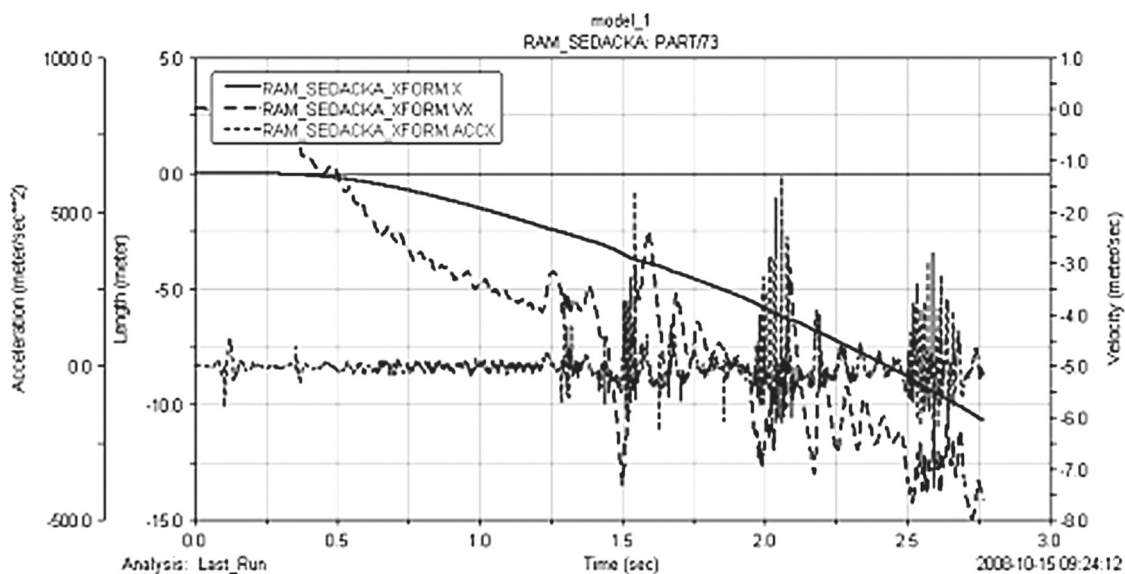


Рис. 5. Исследование динамики гусеничных транспортных средств. Графики для точки на месте водительского сиденья в горизонтальном направлении. Графики построены в порядке появления данных: позиция, скорость, ускорение

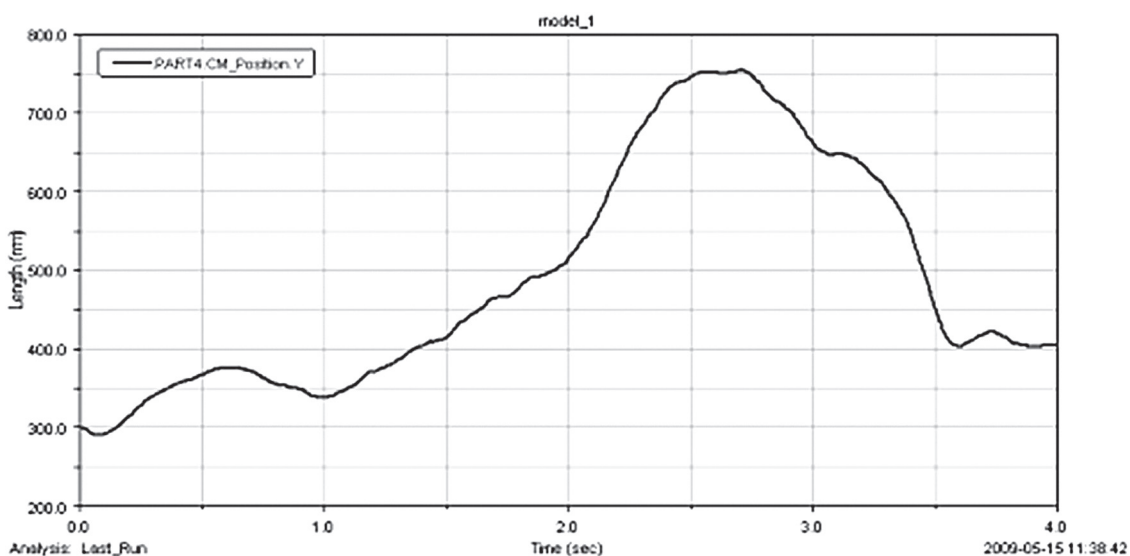


Рис. 6. Результаты расчета гусеничной лесозаготовительной машины во время движения через единичное пороговое препятствие на микропрофиле пути



Рис. 7. Гусеничная лесозаготовительная машина с детально проработанной ходовой системой, приводом и рамой. Модель, созданная в SolidWorks и импортированная в MSC ADAMS / View

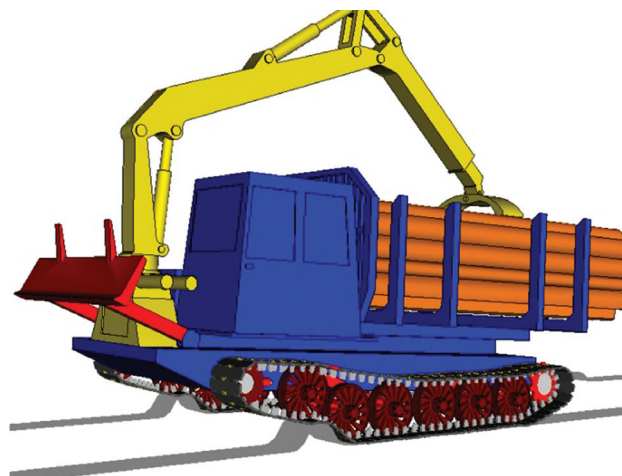


Рис. 8. Гусеничная лесозаготовительная машина во время движения через единичное препятствие

содержать по крайней мере опорные и поддерживающие катки, ведущие и направляющие колеса, траки, сегменты гусеничной ленты и профиль поверхности пути. Профиль поверхности пути может быть создан с использованием инструмента полилинии, изображенной в трехмерном пространстве в горизонтальной плоскости. В неоптимизированном случае (с точки зрения времени, необходимого для выполнения моделирования) самым простым решением в ADAMS / View является использование solid-to-solid (твердый к твердому) контактов, которые должны быть определены между сегментами гусеничной ленты, опорными катками, поддерживающими катками, направляющими, ведущими колесами и профилем поверхности пути для всех сегментов гусеничной системы. Это дает нам сотни касательных контактов (рис. 2).

Сегменты гусеничной ленты могут быть созданы с использованием инструментов моделирования ADAMS / View, или они могут быть импортированы из CAD системы, например, Solid Works. Использование инструментов ADAMS / View является, лучшим решением с точки зрения экономии времени, необходимого для выполнения моделирования, а импорт из других пакетов прикладных компьютерных программ обеспечивает больше возможнос-

тей по моделированию геометрии ГЛЗМ (по сравнению с ADAMS v. 2003 г. Полный Пакет Моделирование). Все элементы модели ходовой системы ГЛЗМ должны быть размещены в трехмерном пространстве на своих местах, самостоятельно пользователем, особенно сегменты гусеничной ленты должны быть равномерно обернуты вокруг направляющих, ведущих колес, опорных и поддерживающих катков. В рамках моделирования, описанных ниже, необходимо использовать плоские соединения, чтобы ограничить движение гусеничной ленты, а также и всей машины. Для этого существуют по меньшей мере две возможности. Как видно на рис. 3, первый вариант представляет следующую картину: создать все части модели в САПР, например, в SolidWorks особенно должны быть тщательно разработаны опорные катки, поддерживающие катки, направляющие колеса и сегменты трака, потому что они имеют непосредственное влияние на успех моделирования. Передача мощностей от моторно-трансмиссионной установки осуществляется через ведущее колесо на гусеничную ленту. Как упоминалось выше, необходимо, чтобы все контакты были определены для каждого сегмента ходовой системы, отслежены и согласованы с опорной поверхностью пути взаимодействия с каждым сегментом гу-

сеничного трака и всеми ведущими, натяжными колесами, опорными и поддерживающими катками. Мы создали контакты между всеми элементами ходовой системы (опорными, поддерживающими катками, ведущими и направляющими колесами), которые получили свойство трения, а все опорные, поддерживающие катки, ведущие колеса, кроме направляющих колес, были непосредственно прикреплены к раме через упругие неголономные связи, также были созданы контакты между сегментами гусеничной ленты и опорной поверхностью пути. Эти контакты были созданы, чтобы использовать силу кулоновского трения. При создании контактов была использована прикладная компьютерная программа ContactWizard, автор (J. Matej).

Второй вариант заключается в упрощении первого. Создается нецепное колесо, и все колеса и катки фиксируются непосредственно на раме или через упругие неголономные связи (рис. 4). Этот метод в основном подходит для динамического анализа, например, при исследовании вертикального ускорения машины на месте механика водителя, при исследовании эргономики упругих неголономных элементов и кинематики гусеничного механизма с точки зрения транспортных свойств относительно плавности хода. Движение транспортных средств создает единую силу со ступенчатой функцией, как это видно ниже. Использование этой методики позволяет наиболее точно и быстро получить решение задачи по исследованию динамики движения ГЛЗМ.

Для моделирования ходовой системы ГЛЗМ необходимы только общие инструменты, а они как раз и присутствуют в ADAMS. Авторы этой статьи ранее не имели опыта работы с ATV Toolkit. Область компьютерного моделирования гусеничных ходовых систем является достаточно проблематичной в связи со сложностью геометрического построения ходовой системы ГЛЗМ. При решении использовался компьютер ЭВМ Pentium 4 системы (3 ГГц, 1,5 Гб RAM), затраченное время на вычисление варьировалось от одного до двадцати часов. В случае моделирования гусеничной лесозаготовительной машины (рис. 4 и 6) среднее время вычисления было пятьдесят минут, однако в

модели не присутствовали геометрически точные элементы ходовой системы, так как это значительно увеличивает время вычислений.

Если нам необходимы более подробные элементы ходовой системы и ГЛЗМ в целом, можем успешно импортировать точные геометрические модели из САПР. У нас не возникало никаких проблем, когда мы использовали в качестве формата файлов для экспорта модели из SolidWorks расширение Parasolid. Но это неизбежно увеличивает время вычисления.

Все возможности одинаковы для любого типа модели. На рис. 6 и 8 наглядно показано моделирование динамики движения ГЛЗМ, рисунки захвачены из созданного видеофайла в формате AVI. Очень важным является также тот факт, что моделирование гусеничных машин в ADAMS / View применимо ко всем и гусеничным моделям транспортных средств, использование данного пакета позволяет проанализировать динамику движения гусеничных машин, как это показано на рис. 5, 6, 8. Принимая во внимание цели прикладного пакета ATV, мы должны констатировать, что использование ADAMS / View для гусеничных расчетов ограничено, но оно может быть использовано только с субъективной точки зрения. С другой стороны, этот способ решения дает нам полный контроль над моделированием. Как описано выше, мы должны создать все части механизма, добавить все стыки и контакты, шаг за шагом. Основной слабостью моделирования в ADAMS / View, таким образом, является создание контактов, особенно их количество. Основным результатом надо считать то, что ADAMS / View может быть полностью использованы для решения задач, связанных с гусеничными лесозаготовительными машинами, ориентированными, в основном, на определение динамики движения, например, переезд через единичное пороговое препятствие в виде пня или поваленного дерева. Один из примеров более подробной ГЛЗМ показан на рис. 7, 8, созданных в SolidWorks, где рама, ходовая система и технологическое оборудование без существенных упрощений. Модель создается для того, чтобы проверить использование ходовой системы совместно с ведущим колесом, используемым для привода модели. Мы созда-

ли и проанализировали много различных моделей с приводом ведущей звездочки и на основе результатов можем сказать, что геометрия имеет очень важное значение при получении точных расчетов и отработке правильности работы модели. Мы не говорим о том, что необходимо разработать идеально точную форму, надо, по крайней мере, правильно задать диаметр ведущего колеса, которое должно быть установлено в отношении привода машины и количества гусеничных траков в ходовой системе, которые в целом влияют на количество зубьев ведущего колеса, осевой шаг траков, сегментов гусеничной ленты и возможность заблокировать сползание ленты с направляющего колеса (механизма натяжения). Методика и результаты в этой статье основаны на естественном подходе моделирования. Мы старались реализовать моделирование без упрощения, более приближенно к реальному объекту исследования, насколько это было возможно в среде View. Исследования других авторов, опубликованных в научных изданиях, используют более упрощенные методы расчета ходовых систем гусеничных машин. С другой стороны, были опубликованы исследования, которые используют прикладной пакет ATV Toolkit, содержащий большое количество инструментов для моделирования гусеничных машин. Модели гусеничных машин, созданных Ли Чжун (2005), содержали полный набор траков с опорными и поддерживающими катками, направляющими колесами, ведущими колесами, ограничителями хода подвески и виртуальным профилем пути, содержащим виртуальные препятствия, траншеи и уклоны. Пинхас и др. (2007) описывают моделирование гусеничного гибрида мобильного робота. Они использовали формат файлов Parasolid для импорта деталей из САПР и прикладной пакет ATV с задействованием всего его инструментария для создания модели, состоящей из 178 частей, 888 степеней свободы, 41 соединения и 1579 силовых контактных элементов.

Они подчеркнули, что на этапе разработки конструкторской документации проведение таких виртуальных испытаний с экономической точки зрения было гораздо выгоднее, чем натуральное испытание прототипа. Однако

прикладной пакет ATV только в расширенном комплекте раскрывает специализированные возможности по моделированию окружающей среды, например почвы и снега. В рамках этой статьи нами было описано использование пакета ADAMS / View с сосредоточением внимания только на преодолении неровностей пути и расчете динамики движения, которая показывает влияние более высокой рабочей скорости движения ГЛЗМ и эффект слишком большого осевого шага траков и сегментов гусеничной ленты, в результате которых визуально оценивается провисание гусеницы. Наиболее близкое по смыслу к этой работе исследование было опубликовано Мэдсенем и др. (2007), и они проводили моделирование гусеничного гидравлического экскаватора, моделирование проводилось в пакете MSC.ADAMS / View. Модель состояла из пяти опорных катков, направляющего колеса, трех поддерживающих катков, ведущего колеса и 45 траков. Система подвески состояла только из пружины натяжения направляющего колеса. Опорные катки, поддерживающие катки, и ведущее колесо были жестко связаны с рамой. Каждый трак присоединен к следующему одним контактом, также в этой модели при решении задачи существовал центр тяжести, который представлял собой жесткую связь с ходовой системой экскаватора, которая не моделировалась.

В статье описано использование MSC. ADAMS / Open в моделировании гусеничной лесозаготовительной машины и показаны шаги, которые привели к успешному моделированию. Предполагалось, что местность является жесткой. Тем не менее, возможность для исследования гусеничной лесозаготовительной машины с взаимодействием окружающей среды существует. В современных пакетах САПР можно создать очень подробные и реалистичные модели гусеничных лесозаготовительных машин. После импорта в ADAMS они могут быть рассчитаны и проанализированы, использование результатов определяется целью виртуального моделирования. В рамках описанных выше методов моделирования основной вклад вносится в области лесного и сельского хозяйства при моделировании гусеничных машин и исследовании

свойств их ходовых систем путем установки их оптимальных параметров, которые имеют непосредственное влияние на повышение работоспособности, надежности и конкурентоспособности выпускаемых изделий.

Библиографический список

1. Клубничкин, Е.Е. Повышение долговечности ходовой системы гусеничной лесозаготовительной машины: дисс. ... канд. техн. наук / Е.Е. Клубничкин. – М.: МГУЛ, 2008.
2. Бен-Цви, П. Виртуальный прототип развития и моделирования гусеничный гибридный мобильного робота, 2007 / П. Бен-Цви, С. Raoufi, А.А. Гольденберг, Zu JW. – http://www.mscsoftware.com/events/vpd2007/na/presentations/tech_papers/1.pdf
3. ЛиЛи, ЧжунЦзюэ. Исследование экспериментального Китая-шахтер в системы добычи полиметаллических руд. В: Труды шестого ISOPE глубоководной добычи симпозиума. Чанша, Международное общество морских и полярных инженеров, 2005.
4. Мадсен, J. Высокая точность моделирования и моделирования гусеничный элементов для внедорожных приложений с использованием MSC / ADAMS, 2007. – <http://sbel.wisc.edu/documents/>
5. Солис, J.M. Моделирование движения по местности с взаимодействием для шагающих роботов / J.M. Солис, R.G. Лонгория // Terramechanics, 45. – 2008. – С. 65–78.
6. Клубничкин, Е.Е. Ходовые системы гусеничных лесозаготовительных машин / Е.Е. Клубничкин, В.А. Макуев, В.Е. Клубничкин. – М.: МГУЛ, 2010. – 110 с.
7. J. Matej 2010 Tracked mechanism simulation of mobile machine in MSC.ADAMS/View
8. Karnik J. MultimediaInntexty (Multimedia текстов). Доступные по адресу: http://robot2.vsb.cz/elekskripta/servisni_roboty/interest132. HTM (на 6 июня 2009 г.) Karnik J., 2006. Mobilnн роботы ur čeněProziskávániprostorovýchmetrických DAT (Мобильные роботы, предназначенные для пространственной метрики данных эквайринг). Автоматизации, 11: 2-4.

К ОБОСНОВАНИЮ УДЕЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ГУСЕНИЧНОГО ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ТРАКТОРА

Е.Е. КЛУБНИЧКИН, *вед. науч. сотрудник ФГУП «ГНЦ ЛПК»*, канд. техн. наук,
 В.Е. КЛУБНИЧКИН, *мл. науч. сотрудник ФГУП «ГНЦ ЛПК»*, канд. техн. наук,
 В.М. КРЫЛОВ *главный конструктор ФГУП «ГНЦ ЛПК»*,
 Д.В. КОНДРАТЮК, *зам. гл. конструктора ФГУП «ГНЦ ЛПК»*, асп. МГУЛ

gnclpk@mail.ru

Оптимальное удельное давление лесопромышленного трактора в основном зависит от числа проходов машины по волоку и несущей способности лесных грунтов на различных горизонтах по глубине залегания. Подзолистые лесные грунты неоднородны по глубине, по физическим и прочностным характеристикам. На рис. 1 показано изменение прочности супесчаных и суглинистых лесных грунтов в переувлажненном состоянии. Подзолистые лесные грунты на глубине 50–70 см имеют твердый подстилающий слой, обладающий малой дренирующей способностью. На глубине 20–50 см в слое подзола из-за наличия в переувлажненном состоянии верховодки прочность грунта резко снижается и может быть меньше прочности верхнего слоя, армированного корневой системой растительности. Дорожный просвет лесопромышленных тракторов таков, что машины вынуждены ра-

ботать в колее по среднему непрочному переувлажненному слою грунта.

Возможна передача нагрузки трактора на нижележащие, более прочные слои грунта. Необходимые для этого параметры ходовой системы рассмотрим по расчетной схеме (рис. 2), на которой представлены экспериментальные данные разрушения грунта при колееобразовании. После прохода трактора по переувлажненному грунту ниже дна колеи остается слой разрушенного грунта толщиной 10–25 см. Под нагрузкой этот слой в состоянии всестороннего сжатия стабилизируется в ядре сжатия, а по сторонам образуются зоны выпирания. Нагрузка передается на нижележащий слой грунта через ядро сжатия, высота которого зависит от ширины гусеницы. Глубина слоя грунта, его несущая способность, которая определяет удельное давление под гусеницами $11 < 11$, равна сумме глубины колеи и толщины ядра сжатия.

Несущая способность грунта и предельное удельное давление на различной глубине вдавливания

Ширина звена гусеницы в мм	Высота ядра сжатия	Несущая способность (в числителе) и предельное удельное давление на глубинах, МПа					
		0	10	20	30	40	50
100	24	0,028	0,045	0,063	0,079	0,079	0,077
		0,126	0,138	0,114	0,122	0,148	0,187
500	30	0,027	0,043	0,063	0,079	0,079	0,077
		0,134	0,125	0,113	0,137	0,171	0,207
600	36	0,025	0,045	0,063	0,077	0,079	0,079
		0,138	0,113	0,124	0,148	0,189	0,221
700	42	0,023	0,045	0,063	0,079	0,077	0,079
		0,122	0,112	0,143	0,179	0,207	0,291

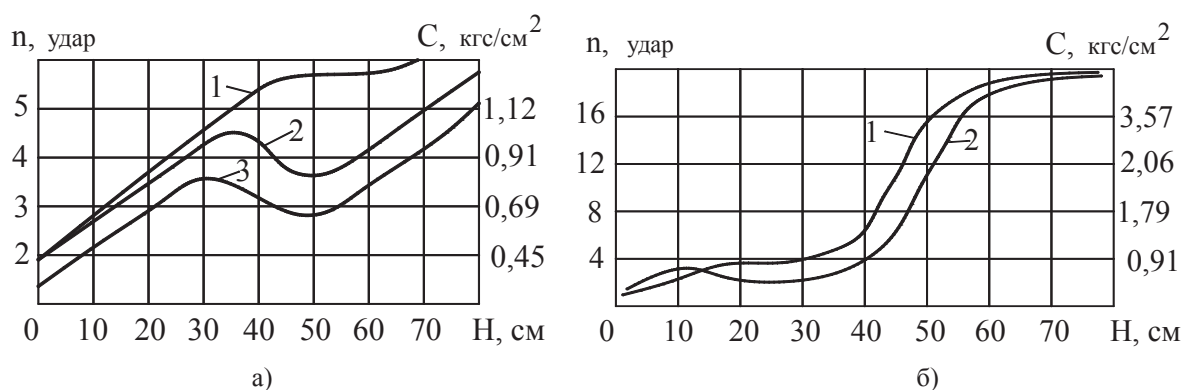


Рис. 1. Изменение прочности лесных грунтов по глубине: 1 – нижний предел по проходимости местности первого типа; 2 – второго типа; 3 – третьего типа: а) значения прочности грунта с глубиной для супесчаного грунта (Кировская обл.); б) изменение прочности с глубиной для су глинистого грунта (Вологодская обл.)

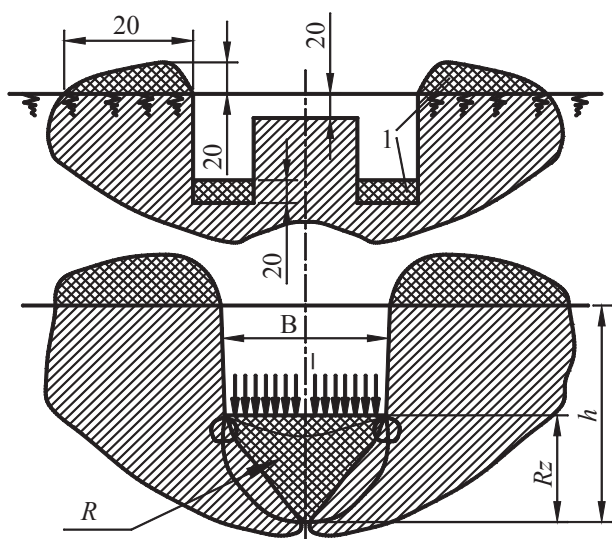


Рис. 2. Характер образования колеи и расчетная схема разрушения грунта при колееобразовании: 1 – полностью разрушенная структура грунта; 2 – область с частично разрушенной структурой

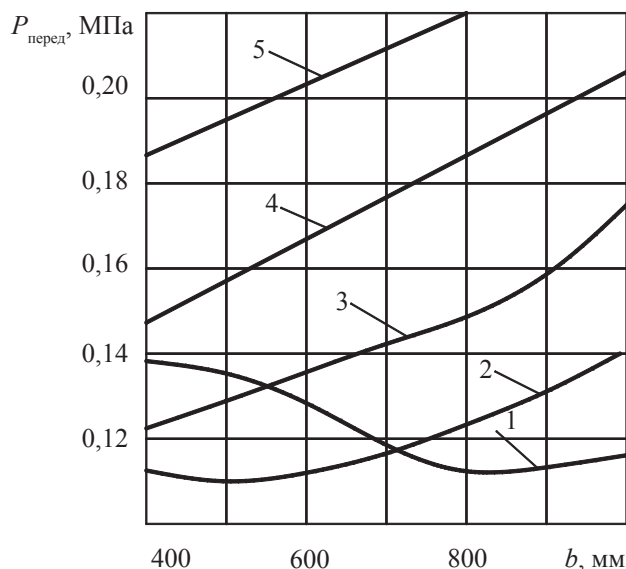


Рис. 3. Удельное давление под гусеницей зависимости от ширины звеньев для различной глубины вдавливания в грунт: 1 – глубина вдавливания 10 см; 2 – 20 см; 3 – 30 см; 4 – 40 см; 5 – 50 см

Внутреннее трение в грунте увеличивает сопротивление грунта сдвигу, поэтому удельное давление при пластических деформациях грунта в несколько раз превышает значения по отношению к несущей способности. В этих условиях с каждым проходом машины в грунте для восприятия нагрузки необходимы новые сдвиги, которые и объясняют увеличение глубины колеи с каждым проходом трактора.

Принимая для глинистых грунтов, перенасыщенных водой, угол внутреннего трения 10° – 15° , а зависимость несущей способности грунта от глубины колеи, по рис. 1 *a* можно найти предельное удельное давление на звенья гусеницы различной ширины для различных глубин погружения трактора в колею. Участки смыкания зон разрушения под ядром сжатия, предельное максимальное давление рис. 1 превышает несущую способность грунта и может быть найдено в зависимости от величины угла внутреннего трения исходя из несколько преобразованных положений И. П. Пузыревского*, по формуле

$$P_{пред} = \frac{\tilde{\gamma} \left[h - \frac{b}{2} \left(\frac{1}{\cos \varphi} + \operatorname{tg} \varphi \right) + \frac{\operatorname{ctg}(45 - \varphi/2)}{2\gamma \operatorname{tg} \varphi} \right]}{\operatorname{ctg} \varphi + \varphi - \pi/2},$$

где γ – объемная масса грунта;

b – ширина звена гусеницы;

c – несущая способность грунта;

p – угол внутреннего трения;

h – глубина колеи.

Результаты расчетов по предельному удельному давлению звена гусеницы для различных глубин вдавливания их в грунт, а также значения его несущей способности даны в таблице и показаны на рис. 3.

Данная расчетная схема объясняет возможность разовых проходов машины с удельным давлением 0,18–0,30 МПа в почвенно-опорных участках контакта под катками, которое в 12,5 раза превышает несущую способность грунта и позволяет обоснованно выбрать удельное давление и ширину звена *is* гусеницы для машин с технологией работы, имеющей ограниченное число проходов.

Как следует из расчета, увеличение ширины звена гусеницы дает существенное

преимущество при однократных проходах. При этом удельное давление для однократного прохода может быть выше примерно на 30 % за счет образования глубокой колеи и передачи нагрузки на подстилающий слой. При многократных проходах в колею глубже 20–25 см заливается вода верховодки – грунт разжижается, и сопротивление движению в глубокой колее, как показали испытания, в несколько раз выше сопротивления для первых проходов. Поэтому глубина колеи не должна превышать 25 см.

В такой колее передача нагрузки на прочные подстилающие слои грунта достигается гусеницей шириной более 600 мм. Данная ширина и действительное удельное давление, не превышающее в третьем типе местности по условиям проходимости на этой глубине несущую способность грунта (0,06–0,07 МПа), определяют параметры ходовой системы лесопромышленного трактора, полностью отвечающего требованиям проходимости. Однако такое низкое удельное давление (при пересчете на условное среднее удельное давление трактора 0,02–0,03 МПа) технически трудно достижимо. Для лесопромышленного трактора по технологии работ требуется ограниченное число проходов – около 40–60. Для этих условий определим требуемое увеличение опорной поверхности трактора с гидроманипулятором, нагружающего грунт в 1,3 раза больше в сравнении с трактором с тросочерным оборудованием. Теоретически темп образования колеи зависит не только от удельного давления, но и от размеров деформатора, поэтому с учетом роста массы самой конструкции опорная поверхность трактора с гидроманипулятором должна увеличиться для обеспечения одинаковой опорной проходимости в квадрате увеличения нагрузки, или в 1,69 раза.

Испытания макетных образцов тракторов ОТЗ с асимметричной гусеницей и с пониженным удельным давлением ЛЗ-4 показали, что выравнивание удельного давления факторов ЛЗ-4 и ЛЗ-5 при применении асимметричной гусеницы с уширением звеном с 420 до 550 мм увеличило число проходов до касания грунта днищем ЛЗ-5 только на

10–25 % (для выравнивания колееобразования требуется на 70–80 %). По ширине звена гусеницы до 670 мм с одновременным снижением действительного удельного давления до 0,085 МПа у ЛЗ-4 за счет удлинения опорной поверхности и выравнивания его распределения для конструкции с шестью опорными катками с уменьшенным отношением шага между катками к шагу звена гусеницы увеличилось число проходов и 2–2,5 раза, что обеспечивает лесопромышленному трактору достаточную проходимость.

Таким образом, ширина звена гусеницы для передачи нагрузки на более прочный подстилающий слой грунта у лесопромышленного трактора должна быть более 600 мм.

Для полного обеспечения требований проходимости лесопромышленного трактора в третьем типе местности действительное удельное давление на наиболее нагруженное звено гусеницы лесопромышленного трактора должно составлять 0,06–0,07 МПа.

Для лесопромышленных тракторов с гидроманипуляторами с целью обеспечения одинаковой опорной проходимости с тракторами без технологического оборудования требуется увеличение опорной поверхности гусениц примерно на 60 %

Библиографический список

1. Клубничкин, Е.Е. Повышение долговечности ходовой системы гусеничной лесозаготовительной машины: дисс. ... канд. техн. наук / Е.Е. Клубничкин. – М.: МГУЛ, 2008.
2. Маслов, М.Н. Основы механики грунтов и инженерной геологии / М.Н. Маслов. – М.: Машиностроение, 1908. – 625 с.
3. Клубничкин, В.Е. Совершенствование расчетных моделей нагруженности трансмиссий гусеничных лесозаготовительных машин в зависимости от внешних условий движения: дисс. канд. техн. наук / В.Е. Клубничкин. – М.: МГУЛ, 2012.
4. Клубничкин, Е.Е. Ходовые системы гусеничных лесозаготовительных машин / Е.Е. Клубничкин, В.А. Макуев, В.Е. Клубничкин. – М.: МГУЛ, 2010. – 110 с.

СУДЬБА РАЗВИТИЯ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ В РУКАХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЕЙ

В.С. СУХАНОВ, зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК», д-р техн. наук

gncpk@mail.ru

Наш шанс на развитие глубокой переработки древесины

Основная задача ЛПК, определенная Стратегией развития лесного комплекса на период до 2020 г., развитие глубокой переработки древесины. В новейшей истории она ставилась и решалась неоднократно. Каковы конкурентные преимущества России в этой отрасли на современном этапе развития?

По сравнению с советским периодом ЛПК значительно ослаблен. Ухудшилось качество подготовки кадров, в том числе кадров деревообрабатывающего оборудования неконкурентоспособно на мировом рынке. Осталось в прошлом утверждение о том, что в России дешевое древесное сырье и энергетические ресурсы. В результате глобального потепле-

ния климата и проблем с трелевкой и вывозкой возник дефицит древесины, и цены на нее резко выросли. Тарифы на энергетические ресурсы растут опережающими темпами и скоро достигнут мирового уровня. Как видим, конкурентные преимущества развития глубокой переработки древесины на современном этапе развития ЛПК в России отсутствуют.

Анализ показывает, наш шанс на успех – в снижении затрат на древесное сырье и энергию, поскольку при производстве основных видов продукции лесопромышленного комплекса они являются самыми большими. В сумме эти затраты составляют 40–45 % себестоимости производства продукции.

Снижение затрат на энергию

Наши расчеты, подтверждаемые промышленным опытом, показывают, что тепло-

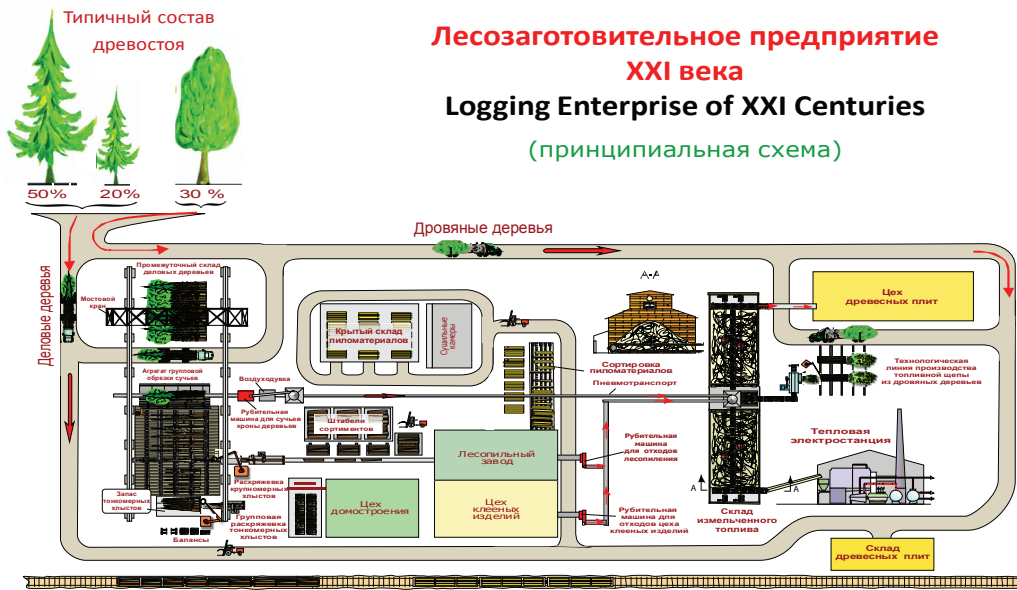


Рисунок. Энергонезависимое лесозаготовительное предприятие

вая и электрическая энергия, вырабатываемая на тепловых электростанциях, работающих на древесном топливе, в 2–3 раза дешевле покупной (действующих тарифов). Энергетический потенциал экономически доступного древесного топлива ЛПК превышает 500,0 ПДж. Этот потенциал позволяет удовлетворить потребности комплекса в тепловой и электрической энергии на 75 %. Основное оборудование для тепловых электростанций – паровые котлы и паровые турбины. Большая часть древесного топлива – 78 % общих ресурсов, основным из которых являются дрова, образуется в леспромхозах. Таким образом, развитие энергетики на древесном топливе актуально для всех отраслей ЛПК, но прежде всего – для лесозаготовительной промышленности.

Снижение затрат на древесное сырье

Каковы возможности снижения затрат на древесное сырье? Не секрет, что лесозаготовительная промышленность в целом убыточна. В ней работает большое количество мелких предприятий, которые не способны строить лесовозные дороги, эффективно использовать низкокачественную древесину и древесные отходы. Большое влияние на работу лесозаготовителей оказало глобальное потепление климата. Зима перестала «строить» лесовозные дороги. Трелевочные тракторы

«тонут» в грязи. Возник дефицит древесного сырья, который вызвал повышение цен на круглые лесоматериалы. При современном состоянии лесозаготовительной промышленности успешное развитие ЛПК проблематично. Ее модернизация и реструктуризация – стратегическая задача на сегодняшний день.

Для повышения эффективности работы лесозаготовительной промышленности необходимо:

- обосновать технологию лесозаготовок;
- уменьшить зависимость лесозаготовительных работ от природных условий;
- объединить мелкие лесозаготовительные предприятия в более крупные структуры;
- развить на лесозаготовительных предприятиях достаточно глубокую переработку древесины;
- перевести предприятия на собственные источники тепловой и электрической энергии – древесное топливо.

С целью ускорения модернизации и реструктуризации отрасли мы предлагаем реализовать инновационный проект высокоэффективного энергонезависимого лесозаготовительного предприятия в качестве примера для тиражирования (рисунок). Проект предлагается реализовать на принципах частногосударственного партнерства.

Технология лесозаготовок

Проектом предусматривается использование технологии заготовки древесины хлыстами или деревьями. Использование этой технологии обусловлено природными условиями России. Система машин «харвестер – форвардер» – прекрасный пример инженерного искусства. Однако высокая производительность этой системы достигается при разработке лесосек, где все деревья примерно одного размера. Такие древостои формируются в лесах, пройденных всеми стадиями рубок ухода. Леса России – это перестойные леса, не пройденные рубками ухода. В таких древостоях 30 % общего объема – крупные лиственные дровяные деревья; 20 % – тонкомерные деревья; 50 % – средние и крупные деловые деревья. Крупномерные лиственные дровяные деревья харвестерам «не по зубам». Кроме того, до 80 % древесины перестойных лиственных деревьев – это дрова, которые являются самой невыгодной продукцией лесозаготовок. Их цена в 3,5 раза ниже себестоимости производства. Себестоимость топливной щепы, вырабатываемой из дров-сортиментов, превышает себестоимость производства деловой древесины. Поэтому топливную щепу предлагается вырабатывать непосредственно из дровяных деревьев. В США поступают таким образом с начала семидесятых годов, для чего используются передвижные рубительные машины, способные перерабатывать деревья диаметром в комле до 37 дюймов. Мы разработали стационарную линию для производства топливной щепы из дровяных деревьев. Производство топливной щепы из дровяных деревьев в условиях лесопромышленного склада имеет следующие преимущества по сравнению с производством щепы на лесосеке: отпадает необходимость в использовании другого вида транспорта – автощеповозов; снижаются транспортные расходы, поскольку полндревесность стволовой древесины примерно в два раза выше полндревесности щепы; отпадает необходимость транспортных расходов на перебазировку рубительной машины с лесосеки на лесосеку, поскольку

вся дровяная древесина концентрируется на лесопромышленном складе. Все оборудование, необходимое для этой линии, в России производится. Себестоимость производства топливной щепы снижается вдвое по сравнению с ее выработкой из дров-сортиментов. Для использования топливной щепы проектом предусматривается тепловая электростанция, работающая на древесном топливе.

Еще одно преимущество хлыстовой заготовки связано с тонкомером. Заготовка и переработка тонкомерных деревьев снижает эффективность лесозаготовительного производства при любой технологии. Число тонкомерных деревьев порой достигает 50 % общего количества деревьев на лесосеке. При заготовке и переработке тонкомера мощное оборудование работает, по сути, вхолостую. Хлыстовая технология позволяет минимизировать этот недостаток за счет групповой, (пачковой) заготовки (ЗСУ с накопителями деревьев) и первичной обработки. Примером групповой технологии первичной обработки деревьев могут служить сучкорезно-окорочно-рубительные машины, которые производят в США. При работе этих машин вырабатывается продукция двух видов – «белая» (окоренная) щепка для целлюлозно-бумажной промышленности и топливная щепка, представляющая собой композицию измельченной коры и сучьев деревьев. Преимущества такой технологии очевидны: из технологического процесса исключается трудоемкая операция по раскряжевке хлыстов и повышается процент выхода щепы, за счет групповой обработки повышается производительность, снижается себестоимость производства; вырабатывается топливная щепка значительно более высокого качества и меньшей влажности, чем кора, получаемая на ЦБК при обработке балансов в барабанах мокрой окорки. Использование принципов этой технологии предлагается существенно расширить. С использованием групповых методов из тонкомерных деревьев может вырабатываться технологическая щепка для ЦБП и древесных плит, «белая» стружка для плит OSB, окоренные балансы. Проектом, в качестве примера,

предусматривается групповая переработка тонкомерных деревьев на балансы.

Приведенный анализ показывает, что в условиях России половина заготавливаемой древесины может перерабатываться на сырье для других производств, минуя стадию выработки сортиментов, что значительно повышает эффективность производства. Предлагаемые технологии являются серьезным доводом в пользу хлыстовой технологии заготовки древесины. Не случайно американские и канадские лесозаготовители, работающие как и мы в неухоженных лесах, не переходят на сортиментную технологию повсеместно, несмотря на то, что обе страны производят оборудование как для сортиментной, так и хлыстовой технологии.

Следует также отметить, что внедрение новых технологий первичной обработки дровяных и тонкомерных деревьев на линиях групповой обработки без какой-либо модернизации вдвое повышает производительность традиционных полуавтоматических раскряжевочных линий лесопромышленных складов, поскольку они освобождаются от обработки неудобоваримого для них сырья.

От хлыстовой технологии – к вывозке древесины деревьями

Технология заготовки и вывозки древесины хлыстами и деревьями – российское изобретение, которое имеет мировое историческое значение. Хлыстовая технология была внедрена повсеместно под руководством министра лесной промышленности Георгия Михайловича Орлова в период 1950–1955 гг. Рост производительности труда в лесной промышленности составлял в этот период 10 % в год, 50 % за пятилетку. До 90-х гг. по этой технологии заготавливалось 96 % общего объема древесины. С тех пор технология получает все более широкое распространение в мире и уже шагнула в южное полушарие. В Канаде она составляет около 85 %. В США, по оценкам, до 50 %.

Следующим шагом в развитии хлыстовой технологии должна стать технология вывозки древесины деревьями. Технология вывозки древесины деревьями практически

ничем не отличается от хлыстовой, поскольку предусматривает обработку габаритов веза на лесовозном автопоезде. Россия имеет уникальный полувековой опыт вывозки древесины деревьями. Ранее эта технология применялась лишь на самых передовых предприятиях и не могла получить широкого развития, поскольку не было возможности полезно использовать крону деревьев. Развитие биоэнергетики открывает дорогу технологии вывозки древесины деревьями. За счет кроны съем древесины с единицы площади лесосеки повышается на 7–8 %. Технология производства топливной щепы из сучьев при вывозке деревьев значительно более эффективна, чем самая современная технология Тимберджек (Джон Дир).

Глубокая переработка древесины непосредственно в леспромхозе

Проектом предусматривается достаточно глубокая переработка древесины с производством сухих строганых пиломатериалов, деталей и комплектов деревянных домов, древесных плит. Лесозаготовительные предприятия с переработкой древесины имеют следующие преимущества перед предприятиями, работающими на покупном сырье:

- минимальное расстояние перевозки древесины на переработку, равное расстоянию вывозки древесины с лесосек;
- древесина поступает на переработку по себестоимости ее заготовки, которая в 2–2,5 раза ниже рыночных цен;
- ресурсы древесного топлива позволяют обеспечить производство собственной, более дешевой, чем покупная, тепловой и электрической энергии.

Собственная дешевая энергия повышает конкурентоспособность продукции переработки древесины. Обеспечиваются рабочие места для вторых членов семей лесозаготовителей. Проект также предусматривает строительство современного древесноплитного завода малой мощности (например, OSB). Этот завод гармонизирует работу всего предприятия, позволяя эффективно использовать тонкомерную древесину и вырабатываемую тепловую и электрическую энергию.

Фактор сезонности

Важной составляющей проекта является устранение зависимости лесозаготовок от природных условий. Из-за глобального потепления зимний сезон лесозаготовок сократился с 5 месяцев до 4. В летние месяцы объемы производства в 2 раза ниже, чем в зимние. Предприятия ЛПК вынуждены создавать межсезонные запасы древесины. В процессе хранения качество древесины снижается.

Причины сезонности лесозаготовок в уникальности грунтовых условиях российских лесов: 57 % лесных грунтов – грунты III и IV категорий. Для устранения сезонности необходимы лесовозные дороги с твердым покрытием и лесосечные машины, способные работать на слабых переувлажненных грунтах.

Проектом предусматривается разработка технологии строительства экономически доступных для предприятий лесовозных дорог круглогодичного действия с использованием местных и собственных дорожно-строительных материалов, включая древесину и создание машин для трелевки древесины, работа которых не зависит от природных условий. Все это позволит лесозаготовителям снизить затраты на производство древесины и повысить конкурентоспособность вырабатываемой продукции.

По решению всех вышеперечисленных проблем мы имеем существенные заделы. Часть предлагаемых решений не имеют в мире аналогов.

Заключение

1. Старшие поколения специалистов лесной промышленности России изобрели и в кратчайшие сроки внедрили в стране самую передовую технологию лесозаготовок, основанную на заготовке и вывозке древесины на лесопромышленные склады хлыстами и деревьями, а также на биржи сырья перерабатыва-

ющих предприятий (вывозка хлыстов во двор потребителя), чем на десятилетия опередили в развитии технологии самых лесопромышленно развитых стран. Этой технологии всего 60 лет, но она находит все большее применение в мире, то есть имеет мировое историческое значение.

2. В процессе «перестройки», которая применительно к лесопромышленному комплексу, в силу ряда причин, крайне негативно отразилась прежде всего на лесозаготовительной промышленности и лесном машиностроении, эта технология в ряде регионов нашей страны стала считаться «устаревшей» и стала заменяться «современной» сортиментной технологией (это про технологию, которая имеет летоисчисление от каменного топора!), которая в исполнении «харвестерфорвардер» имеет существенные недостатки при разработке лесов, не пройденных рубками ухода, каковыми являются леса России. Между тем в США и Канаде хлыстовая технология непрерывно совершенствуется, ее эффективность растет и просматриваются возможности дальнейшего развития.

3. Проблемы в лесопромышленном комплексе, и в лесозаготовительной промышленности в частности, в значительной степени возникли вследствие совершенно недостаточного финансирования «лесной» науки и ее деградации. Работы по совершенствованию технологий лесозаготовок, машин и оборудования не ведутся, специалистов в этой области практически не осталось. Заводы лесного машиностроения практически все остановились из-за неконкурентоспособности своей продукции. Необходимо принимать самые срочные меры, пока процессы еще не стали необратимыми.

4. Успех развития лесопромышленного комплекса, глубокой переработки древесины, на современном этапе, по нашему мнению, полностью зависит от того, сумеем ли мы решить проблемы лесозаготовительной промышленности.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА АКТИВИРОВАННЫХ УГЛЕЙ ИЗ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

И.В. ВОСКОБОЙНИКОВ, зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК» по науке, д-р техн. наук,
А.О. ШЕВЧЕНКО, зав. сектором отдела энергетики ФГУП «ГНЦ ЛПК», канд. техн. наук,
В.М. ЩЕЛОКОВ, зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК»

gnclpk@mail.ru

Объектом исследования являлась разработка технологий и технологических процессов переработки отходов лесозаготовки и деревообработки для производства активированных углей. Технологии активных углей начали развиваться в начале XX века. Роль активных углей высока в технологиях очистки и осветления продуктов пищевой промышленности, очистки воды и стоков, для детоксикации почв. Все более активно они применяются в биотехнологии.

На рынке адсорбентов доля активных углей составляет 40 %, цеолитов – 33 %, силикагеля – 11 %, прочих – 16 %.

Структура потребления активных углей такова: очистка питьевой воды – 34 %, очистка газов воздуха – 26 %, пищевая промышленность – 22 %, химическая и фармацевтическая – 18 %.

Технология предусматривает получение угля сырца из неликвидной древесины, обрезков, дров, веток, коры, щепы и опилок. Оборудование включает ПИРОЛИЗ-АКТИВАТОР и ГРАНУЛЯТОР, совмещает процессы карбонизации и парогазовой активации, обеспечивает дозирование твердых и жидких компонентов, их смешивание и получение гранулированной смеси активированного угля в виде гранул от 3 до 5 мм высокого качества с повышенной прочностью.

Гранулированные активные угли – это цилиндрические гранулы от серо-черного до черного цвета, определенного фракционного состава. Эти угли изготавливаются из измельченного сырья и связующего путем пастоприготовления, грануляции, карбонизации последующей парогазовой активации.

Они представляют собой небольшие цилиндры диаметром 1–5 мм и длиной 3–8 мм. Их получают путем агломерирования порошкообразного угля с органическими связу-

ющими, затем его подвергают коксованию. После чего его направляют в печь для активирования при 900° С.

Основной областью применения разрабатываемых активных углей предполагалась пищевая промышленность, поэтому было принято решение сосредоточиться на технологии производства АУ на основе способа парогазовой активации. В действующих технологиях этот способ двухстадийный. На первой стадии осуществляется производство березового угля-сырца (ГОСТ 7657 – 84), затем из него методом парогазовой активации получают активные угли марок БАУ и ОУ-А. Основным производителем таких углей является ОАО «Сорбент» (г. Пермь), где цикл парогазовой активации реализуется с использованием камерных печей ПАК -6х4 (типа «Десау»).

Проведенные нами исследования позволили сделать вывод о возможности получения АУ из древесины в одном агрегате, совмещая в нем процессы карбонизации и активации. В результате проведенного широкого комплекса работ был создан опытный образец пиролизера-активатора.

Принципиальная схема установки приведена на рис. 2, общий вид Установки – на рис. 3.

Пиролизер-активатор относится к классу печей с вращающимся барабаном непрерывного действия. Он включает составные части: пиролизационную реторту, нагревательную камеру, топку для сжигания газов пиролиза и активации, теплообменник-парогенератор, побудитель тяги, узел загрузки сырья, узел выгрузки продукта, узел вращения реторты, узел изменения угла наклона реторты, измерители температуры, щит управления. При производстве активированных углей в пиролизе-активаторе процессы карбонизации и активации протекают в одном агрегате.

Потребление активных углей отраслями промышленного производства

Промышленность или направление использования	Производство	Марка АУ
Химическая	Красителей Химических реактивов	ОУ-А АГ-3, БАУ ОУ-А
	Пластификаторов	ОУ-А, АГ-3 СКТ-6А, ОУ-В
Медицинская	Химических и фармацевтических препаратов	У АМ, ОУ-А
	Антибиотиков	ОУ-А
	Витаминов	ОУ-А
Пищевая	Лекарственных средств	ОУ-А
	Сахара	ОУ-А, УАФ, АГС-4
	Масел и жиров	ОУ-А
	Крахмала и патоки	ОУ-Б
Газо-и нефтеперерабатывающая промышленность	Винно-водочных изделий	БАУ
	Пластификаторов	ОУ-А
Очистка сточных вод промышленности	В различных отраслях	БАУ

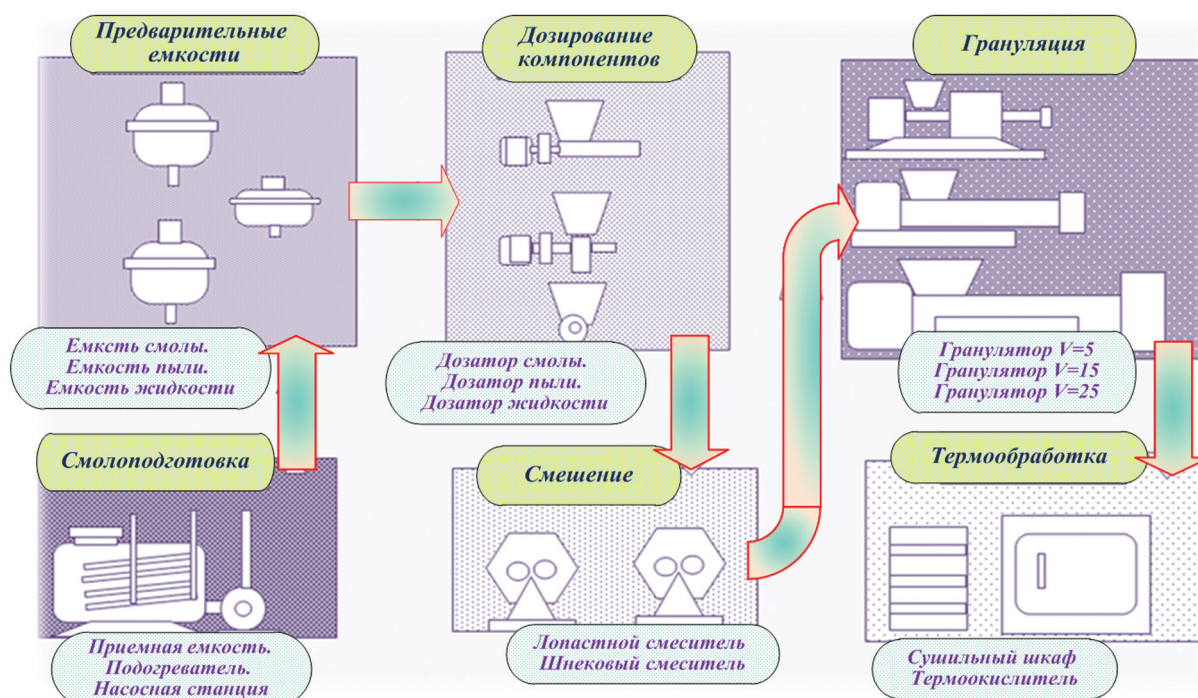


Рис. 1. Принципиальная схема участка грануляции

Реторта, изготовленная из цельнотянутой трубы диаметром 200 мм, опирается бандажами на опорные ролики. С одного конца материал поступает в реторту, с другого осуществляется выгрузка готового продукта. Для перемещения материала в сторону выгрузки реторта устанавливается под небольшим углом к горизонту. Главный привод реторты смонтирован на отдельной сварной раме и включает электродвигатель, редуктор и от-

крытую венцовую передачу. Пиролизер-активатор оборудован специальной топкой для пуска и получения теплоносителя в процессе работы. Пуск пиролизера-активатора может быть осуществлен на любом топливе, включая дровяные отходы. С момента начала процесса карбонизации газы пиролиза направляются в топку. Установки используются как топливо.

В начальный период времени пиролизер работает с использованием тепла от

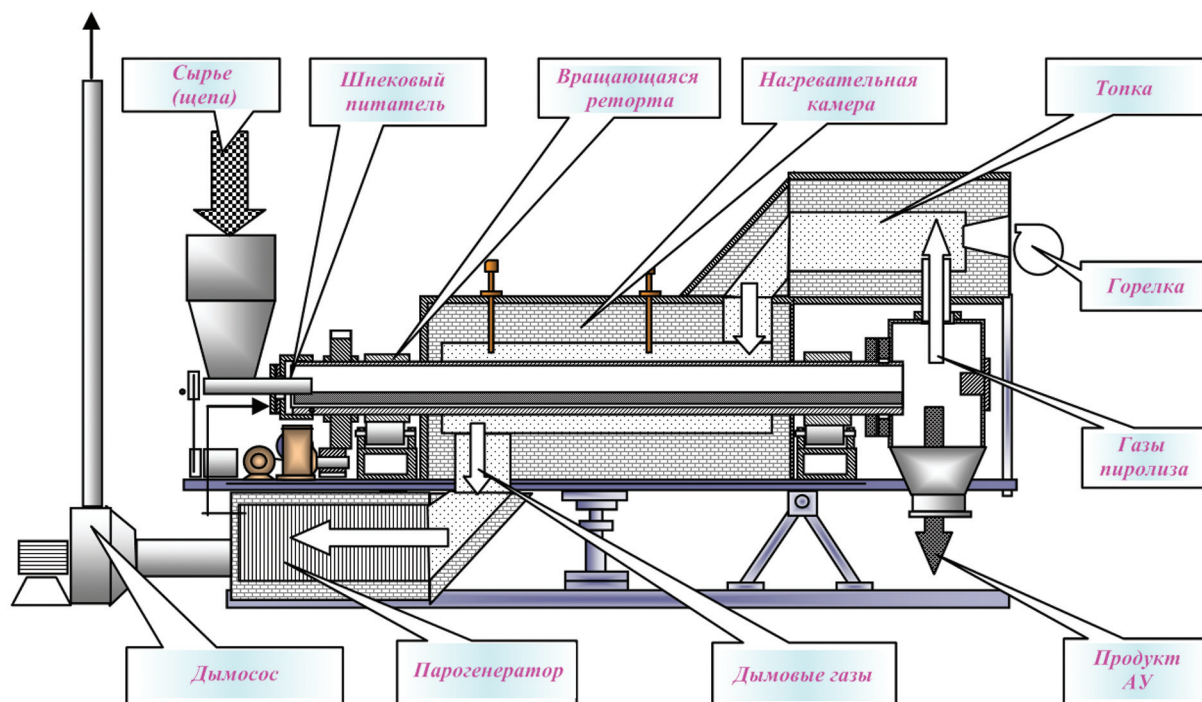


Рис. 2. Принципиальная схема пиролизера-активатора

Пиролизер-активатор



Технические характеристики установки

размеры д/ш/в	Мм	6500/1800/2500;
масса	Кг	6000;
производительность	Кг/ч	10;
температура зоны активации	°С	900;
скорость вращения реторты	Об/мин	2-6;
диапазон измерения угла наклона	град.	0-10°

Рис. 3. Общий вид пиролизера-активатора

Сопоставление технического уровня и качества активного дробленого угля

Наименование показателя	Россия «ГНЦ ЛПК»	Россия ПО «Сорбент»	Голландия, фирма «Norit»
Адсорбционная активность по J, %	84	He<60	59
Суммарный объем пор по воде, см ³ /г	1,8	He < 1,6	1,3
Насыпная плотность, г/дм ³	216	He >240	297
Фракционный состав, массовая доля остатка на сите с полотном, %			
№ 36	2,0	He > 2,5	5,6
№ 10	96,5	He <95,5	92
На поддоне	1,5	He >2,0	2,0
Массовая доля золы, %	3,5	He > 6	4,7

сжигания отходов древесины, а затем, после начала выделения горючих газов, используется тепло от их сжигания. Подача пара на активацию начинается при достижении температуры 700°C. Газы активации дожигаются в топке пиролизера. В производственном процессе целесообразно иметь несколько пиролизеров-активаторов, загрузка которых осуществляется поочередно. Поэтому одновременное использование топлива будет осуществляться только на первом агрегате, а два будут работать с использованием тепла горючих газов процесса пиролиза. Дымовые газы от всех агрегатов объединяются в общий дымоход и выбрасываются через одну дымовую трубу высотой не менее 10 метров.

Новая технология исключает сооружение отдельно стоящего отделения активации в составе вращающейся печи, холодильника и котла-утилизатора. Кроме того, существенно уменьшается негативное воздействие на окружающую среду вследствие сокращения

не менее чем на 40 % валового выброса вредных веществ.

Анализ активного угля, полученного на пиролизере-активаторе, показал, что он отвечает самым высоким требованиям (табл. 2).

Таким образом, в результате проведенной работы впервые была создана установка, не имеющая аналогов в мировой практике, в которой удалось совместить два до сих пор самостоятельных процесса – карбонизации и активации. Разработанная установка и технология позволяют перерабатывать древесные отходы в активированный уголь высокого качества.

Библиографический список

1. Каум, О. Активные угли, их получение и применение / О. Каум. – М.: Госхимиздат, 1933.
2. Плаченнов, Т.Г. Технология сорбентов. Ч.1. / Т.Г. Плаченнов. – Л.: ЛХТИ им. Ленсовета, 1941.
3. Мухин, В.М. Активные угли России / В.М. Мухин. – М.: Металлургия, 2000.
4. Производство активных углей типа БАУ. – Пермь: ПХМЗ, 1962.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ КЛЕЕНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВОДОРАСТВОРИМОГО БИОКЛЕЯ ИЗ НИЗКОСОРТНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

С.В. ПАШКИН, зам. ген. директора по науке ЗАО «Технопарк Кременки», д-р физ.-мат. наук,
М.А. ИВАНОВА, ген. директор ЗАО «Технопарк Кременки»,
В.М. ЩЕЛОКОВ, зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК»

gncplpk@mail.ru

В настоящее время во всем мире наблюдается тенденция внесения поправок в существующие стандарты по использованию

безфенольных и биоклеев. Иностранные, а теперь уже и отечественные разработчики тестируют такие клеи не только по европейс-

ким EN, но и по японским, австрийским, немецким стандартам.

Масштабность сферы применения данных технологий определяется постоянно ужесточающимися экологическим требованиям. В последние годы широкое применение получили клеи природного происхождения. Связано это, в первую очередь, с экологическими аспектами в наиболее развитых странах.

В клеях природного происхождения – биоклеях основными компонентами являются природный полимер–коллаген, казеин, крахмал, декстрин, альбумин, декстран, натуральный каучук. В настоящее время ведутся поиски заменителей этих компонентов природных клеев на более дешевые. В качестве заменителей дорогих компонентов могут выступать микробные полисахариды и белки, выращенные на отходах пищевых предприятий, содержащие все необходимые для этого питательные компоненты.

Существует целый ряд водорастворимых полимеров различного происхождения (синтетических и природных), таких как полиакриламид, модифицированные целлюлозы, склероглюкан, желатин и др., каждый из которых обладает присущими ему специфическими особенностями. В работе растворы таких полимеров названы «умными» технологическими жидкостями с запрограммированными свойствами. Эти жидкости служат основой нанотехнологии в нефтегазовой промышленности.

Внеклеточные полисахариды бактерий ценны для практического использования благодаря коллоидным и клеящим свойствам, способности образовывать пленки и гели, изменять реологические свойства жидкостей.

Эти полимеры используются в пищевой, текстильной, фармацевтической, косметической промышленности – суспендирующие агенты, загустители, гелеобразующие агенты; в медицине – как физиологи-тесгаты активные вещества; в металлургии – очистка, разделение, концентрация металлов; при добыче нефти – вторичная добыча из истощенных пластов и смазка для буров; в строительстве – повышение адгезивных свойств цемента; в лабораторной практике – получение сорбентов и других областях.

Для создания высокоэффективных технологий и снижения себестоимости конечного товарного продукта планируется отработать условия культивирования на субстратах, получаемых из отходов деревопереработки.

Наиболее известный микробный полисахарид – ксантан ($C_35H_49O_{29}n$). В течение последних 40 лет он занимает ведущие позиции как добавка, улучшающая качество самых различных продуктов и технологических операций (повышение нефтедобычи, буровые работы, повышение урожайности, строительство, медицина, пищевая, фармацевтическая, горнодобывающая, текстильная, лакокрасочная и другие области промышленности). Его добавление в водные системы в количествах, не превышающих доли процента, превращает системы в псевдопластичные, причем присутствие в системах растворимых солей, как правило, усиливает эти эффекты.

Ксантаны можно использовать как основную компонент биоклея и как связующее. Эти полисахариды совершенно безвредны, и их используют даже в медицинской практике. Поэтому и клеевые композиции на их основе можно будет использовать в пищевой промышленности для приклеивания этикеток, изготовления бумажной тары.

Свойства ксантана обусловлены тем, что он представляет собой очень длинные молекулы, вдоль которых по всей цепи равномерно распределены короткие боковые цепочки. Эти молекулы способны скручиваться в двойные спирали, которые благодаря боковым цепочкам сплетаются в трехмерную «сеть», заполняющую весь водный объем. «Сеть» легко вытягивается в направлении потока, а при снятии напряжения сдвига распрямляется по всему объему.

Молекулярная масса ксантана – около 1×10^7 ; есть данные, что она может достигать 5×10^7 . В практических целях, как правило, используют 0,1–0,5 %-е водные растворы ксантана. Учитывая, что молекулярная масса воды равна 18, в растворах такой концентрации соотношение молекулярных масс вода – ксантан составляет от $1,8 \times 10^9/1$ до 1×10^8 . Иначе, для эффективного изменения реологических свойств 1 грамм-молекулы

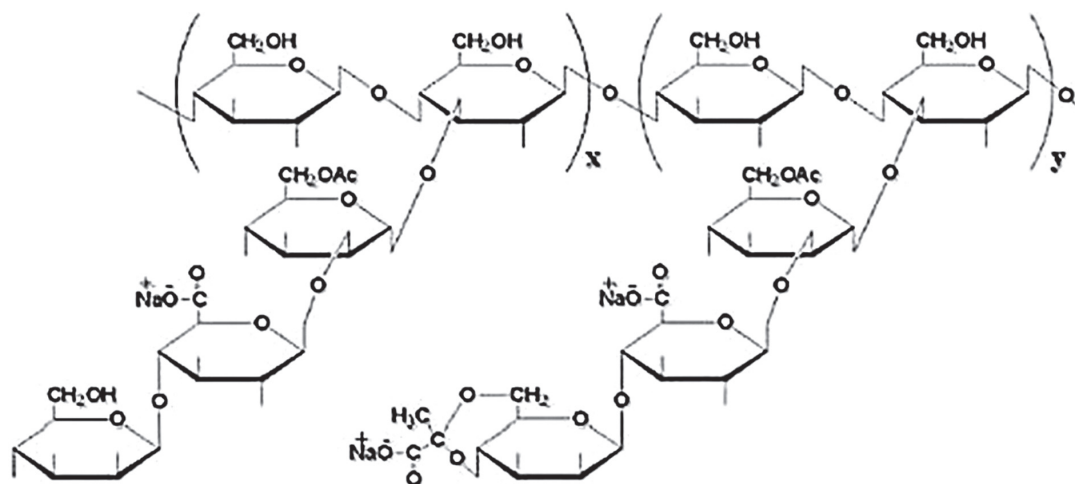


Рис. 1. Первичная структура ксантана

воды достаточно добавить всего $5,5 \times 10^{-9}$ грамм-молекул ксантана. Таким образом, молекулы ксантана представляют собой типичные наночастицы.

Ксантан достаточно удобен в применении. Он представляет собой порошок, который хранится в течение длительного времени в сухом виде. Ксантан растворяется в воде при перемешивании в течение часа с образованием однопроцентного раствора, причем скорость растворения значительно возрастает в слабоаммиачной (щелочной) среде.

Реологические исследования показали, что растворы ксантана чувствительны к природе солей и их концентрации. Так, в присутствии 0,1 %-го хлорида натрия вязкость растворов ксантана несколько снижается, напротив, в 5 %-м хлориде натрия вязкость раствора ксантана возрастает. С помощью солей кальция и цинка можно получить растворы плотностью до $2,3 \text{ г/см}^3$.

Растворы ксантана (массовая доля ксантана 1 %) устойчивы, в частности, в 30 %-м растворе хлорида аммония, 20 %-м растворе хлорида кальция (Пат. РФ № 2304605, 2007). Однако следует учитывать, что более высокая концентрация солей может вызвать выпадение полимера из раствора. На этом свойстве основан один из методов фракционного разделения разнообразных полисахаридов по молекулярной массе.

Растворы ксантана сохраняют высокую вязкость при нагревании до $75 \text{ }^\circ\text{C}$. При дальнейшем повышении температуры на-

блюдается переход молекул полимера из упорядоченного состояния в неупорядоченное, следствием чего является потеря вязкости. Добавление в систему солей способствует стабилизации упорядоченного состояния. Так, в 5 %-м водном NaCl резкое падение вязкости 1 %-го раствора ксантана наблюдается лишь при температуре выше $100 \text{ }^\circ\text{C}$.

Строение и свойства микробных экзополисахаридов

Полисахариды – бесцветные, обычно аморфные вещества. Нерастворимые в воде их разновидности, главным образом, выполняют в организме структурные функции, а растворимые – образуют вязкие растворы даже при очень низких концентрациях, выступают в роли запасных и энергетических веществ. Свободные гидроксильные группы полисахаридов ацилируются и алкилируются. Гликозидные связи полисахаридов гидролизуются под влиянием кислот и специфических ферментов.

Уникальные биологические и реологические свойства водорастворимых полисахаридов во многом определяются свойствами упорядоченного строения их цепей в растворах. Такие высокополимеры имеют как первичную, так и высшие пространственные структуры. Это обусловлено слабыми внутримолекулярными взаимодействиями, среди которых основную роль играют водородные связи и комплексообразование.

Первичная структура микробного экзополисахарида ксантана показана на рис. 1.

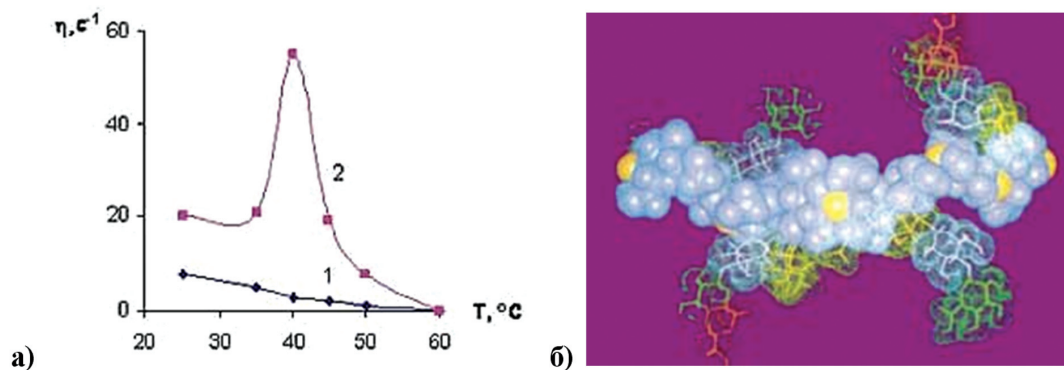


Рис. 2. Зависимость вязкости 0,5 % водных растворов ксантана от температуры. (а) деионизированный раствор (1); раствор, содержащий 0,5 % KCl (2) и конформация двойной спирали ксантана с захваченными катионами металла (б)

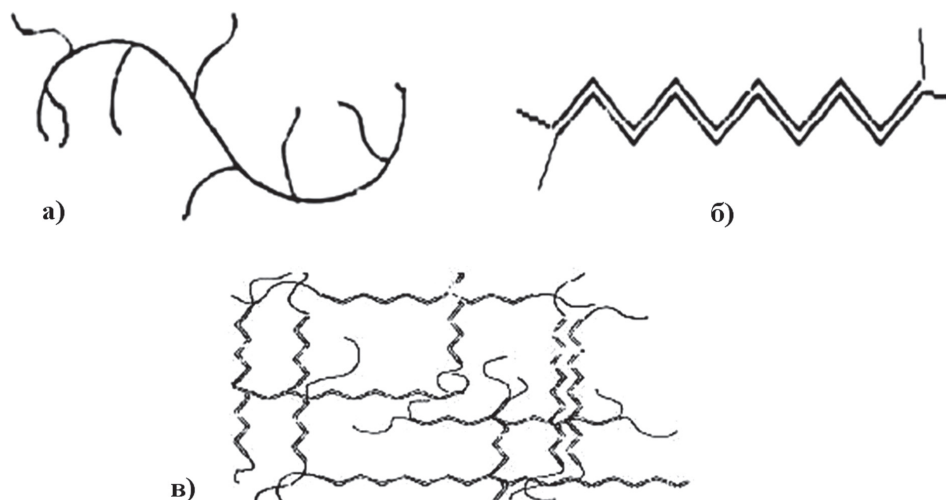


Рис. 3. Конфигурация макромолекул ксантана в первичной и высших структурах. а) неионизированный раствор; б) в присутствии ионов металлов; в) самоассоциация макромолекул с использованием трехмерной сетки

Основная цепь ксантана (кор) построена аналогично целлюлозе (1-4-β-гликопираноза), а в ответвлениях кора – трисахарид, состоящий из β-D-маннозы, β-D-глюкуроновой кислоты и α-D-маннозы. Остатки глюкуроновой кислоты и кислые пировиноградные группы придают молекулам ксантана анионный характер.

В результате взаимодействия боковых цепочек между собой и с кором образуются высшие структуры ксантана, обуславливающие его свойства. В неионизованных растворах или при температурах выше 75 °С молекулы ксантана приобретают скрученную конформацию (рис. 2 а), в которой боковые звенья завернуты вокруг основной цепи.

Введение в такой раствор даже незначительного количества катионов приводит к формированию молекулами ксантана двой-

ной спирали с ионами металла внутри (рис. 2 а, б).

Молекулы ксантана в водных растворах склонны к самоассоциации, и с повышением ионной силы раствора или концентрации полисахарида формируется гель. Он представляет собой трехмерную сетку, образованную из двойных спиралей ксантана, связанных межмолекулярными водородными связями [2].

Уже при концентрации полисахарида 0,1 % вязкость системы возрастает на порядок, а при 1,0 % – в водном растворе формируется гель. Наличие остатков жирных и урсонных кислот в составе биополимера обуславливает зависимость реологических свойств раствора от состава и концентрации солей и других ингредиентов.

Именно с этим связана возможность путем подбора различных добавок создавать

Потенциальные свойства композиций

Загущающая способность водных систем	Повышение вязкости раствора уже при 0,1 % растворе ксантана. 1,0 % раствор ксантана формирует гель, с вязкостью 2,8 Па при скорости сдвига 5,4 сек ⁻¹
Стабилизация сдвига	Неизменный динамический предел текучести, низкий статический предел текучести, который для 1,0 % раствора составляет 20 Па, ниже него система не течет
Псевдопластичность	При превышении статического предела текучести растворы псевдопластичны. Происходит разрушение сетки, двойные спирали вытягиваются в направлении усилия. Со снятием напряжения сетка быстро восстанавливается
Влияние температуры	Ниже 75 °С реологические свойства растворов слабо зависят от температуры, вследствие конформационного перехода макромолекул ксантана происходит обратимое снижение вязкости и свойства сохраняются при многократной заморозке и оттаивании
Влияние pH среды	Эффективен для высоковязких кислых и щелочных композиций. Сохраняет реологические свойства в пределах pH от 2 до 12
Синергизм	С водонабухающими глинами, наблюдается увеличение вязкости и суммарного предельного напряжения выше аддитивного
Совместимость	Совместим с анионными и неионными соединениями. Осаждается катионными соединениями
Совместимость с органическими растворителями	Совместим с водными растворами органических соединений. Осаждается 80 % этиловым спиртом и изопропанолом. Растворы ксантана устойчивы в присутствии 30 % глицерина, гликолей, этилового и изопропилового спирта
Совместимость с кислотами и основаниями	Совместим с органическими и минеральными кислотами, соляная кислота разрушает ксантан. Выдерживает длительное присутствие 10 % лимонной кислоты, 20 % и 10 % – уксусной, 5 % серной кислот. Растворы сохраняют реологические свойства в присутствии гидроксида натрия и силиката натрия
Совместимость с солями металлов	Загущает большинство солевых растворов. В присутствии 5–20 % NaCl, KCl, CaCl ₂ или MgCl ₂ вязкость 0,5 % раствора ксантана возрастает на 10 %. Двухвалентные соли образуют гели при pH > 10. Трехвалентные соли алюминия, железа, хрома образуют гели с 0,15–0,25 % растворами ксантана

композиции с широким спектром свойств (таблица).

Области и перспективы применения микробных экзополисахаридов

Практический интерес для промышленности представляют полимеры, полученные в результате жизнедеятельности безвредных для человека микроорганизмов. Такие полимеры являются экологически «чистыми», а их производство – экологически «безопасным». Лидерами в производстве микробных полисахаридов являются компании: «Рон Пуленк», «Статойл», «Келко Мерк».

Таким образом, потребность в биополимерах типа ксантана составляет сотни тыс. тонн в год. Его производство относится к числу наукоемких технологий. Диапазон использования ксантана постоянно расширяется, в его выпуск включаются новые фирмы. Однако, несмотря на большие потребности России в этом полисахариде, в нашей стране в про-

мышленном масштабе ксантан не производится. Производство ксантана в России позволит отказаться от покупки зарубежных препаратов. Дешевый полисахарид, синтезируемый на субстратах из низкосортной древесины, позволит создать широкий класс биологических продуктов, применяемых в производстве строительных материалов, внедрении экологически чистых технологий строительства, использовании биоматериалов в инженерных системах и в процессе обслуживания зданий, сооружений и территорий застройки.

Библиографический список

1. Дятлова, К.Д. Микробные препараты в растениеводстве / К.Д. Дятлова // Сросовский Образовательный журнал. – 2001. – № 5. – С. 17–22.
2. Jaffrey G. Southwick, Hoosung Lee, Alexander M. Jameson, and John Blackwell. Self-Association of xanthan in aqueous solvent-systems//Carbohydrate Research. – 1980. – Vol. 84. – P. 287–295.
3. J.G.Southwick, M.E.McDonnel, A.M.Jamieson, J.Blackwell. Solution studies of Xantan Gum Employing Quasielastic light Scattering.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНО ВОЗМОЖНЫХ ВЫХОДОВ МОТОРНЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ ИЗ БИОМАССЫ ДРЕВЕСИНЫ

И.В. ВОСКОБОЙНИКОВ, зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК» по науке, д-р техн. наук,
В.А. КОНДРАТЮК, проф., ген. директор ФГУП «ГНЦ ЛПК», д-р экон. наук,
М.А. ИВАНОВА, ген. директор ЗАО «Технопарк Кременки»,
Л.С. ГЕРМАН, ст. специалист ЗАО «Технопарк Кременки», канд. техн. наук,
В.М. ЩЕЛОКОВ, зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК»

gnclpk@mail.ru

Получение моторных топлив из отходов древесины является выгодным с экономической и экологической точек зрения для предприятий, обладающих практически бесплатным сырьевым ресурсом. Можно рассматривать по существу две различные технологии: одна предполагает использование пиролитических жидкостей после дополнительной очистки и облагораживания, другая – получение топлив из горючих пиролизных газов.

Наиболее перспективными для получения пиролитических жидкостей и газов являются установки быстрого пиролиза, где происходит газификация древесины с минимальным количеством балластного газа (азота из воздуха) с последующим получением жидкого моторного топлива: из пиролитических жидкостей путем их очистки от органических кислот, кетонов, частичек угля и т.п., или из пиролизных газов путем органического синтеза на катализаторах.

Процесс получения жидких топлив из пиролизных газов дает более качественное топливо и поэтому более перспективен, поскольку массовая доля газов превышает массовую долю пиролизной жидкости. Процесс пиролиза необходимо проводить таким образом, чтобы образовывалось максимальное количество газовой и минимальное количество жидкой и твердой фракций.

Рассмотрены предельно возможные выходы моторных углеводородных топлив при различных способах проведения технологических процессов.

Основными видами моторных топлив являются бензины и дизельные топлива. Они представляют собой сложные смеси углево-

дородов (парафиновых, олефиновых, нафтеновых и ароматических), получаемых главным образом путем переработки нефти.

Синтетические моторные топлива получают в реакциях органического синтеза на катализаторах при повышенных, по сравнению с атмосферным, давлениях и температурах. Для углеводородных моторных топлив можно считать их состав как $(-CH_2-)_n$. Некоторые синтетические моторные топлива могут содержать кислород. Перспективными топливами являются, например, метиловый спирт (CH_4O), диметиловый эфир (ДМЭ) (C_2H_6O) или его изомер – этиловый спирт.

Теплотворная способность углеводородных топлив составляет 42–44 МДж/кг ($W_{ут} = 43$ МДж/кг).

Теплотворная способность метилового спирта составляет $W_{мс} = 22$ МДж/кг.

Теплотворная способность этилового спирта составляет $W_{эс} = 29$ МДж/кг.

Теплотворная способность ДМЭ составляет $W_{дмэ} = 30$ МДж/кг.

Оценка эффективности производится методом математического анализа моделей получения жидких топлив (численный эксперимент), который помогает установить рамки ожиданий тех перспектив и тех проблем, которые открывает превращение древесных отходов в жидкое моторное топливо. В данном численном эксперименте учитывается состав древесины, структура древесины и термохимические эффекты при сжигании и пиролизе древесины.

Древесина состоит из органических веществ, в состав которых входят углерод С, водород Н, кислород О и азот N. Элементарный химический состав древесины разных

пород практически одинаков. В среднем абсолютно сухая древесина независимо от породы содержит 49,5 % углерода, 44,0 % кислорода и 6,3 % водорода. Азота в древесине содержится около 0,12 %.

Кроме органических веществ, в древесине есть минеральные соединения, дающие при сгорании золу, количество которой колеблется в пределах 0,2–1,7 %. В древесных отходах значительное количество золы может быть от внешних загрязнений.

Максимально возможное количество получаемого жидкого топлива практически не зависит от наличия данных соединений, которые по принципу действия можно отнести к катализаторам.

В состав золы незагрязненной древесины входят главным образом соли щелочноземельных металлов. В золе из древесины сосны, ели и березы содержится свыше 40 % кальция, свыше 20 % солей калия и натрия и до 10 % солей магния. Однако зола (как и в целом, древесина) не содержит серы, которая и определяет, главным образом, качество моторных топлив (стандарты Евро). Из древесины можно без дополнительной очистки производить жидкое топливо стандартов Евро-3, -4 и т.д.

Древесные отходы состоят из элементов: С – 49,5 %; О – 44 %; Н – 6,5 %. Зола и азот в составе древесины не играют существенной роли в получении моторных топлив и не оказывают влияния на качество этого топлива. Однако некоторые вещества, дополнительно введенные в состав сырья, например, алюмосиликаты (обыкновенная глина), соли щелочных металлов (например, сода и др.) могут существенно улучшить с технической точки зрения условия проведения быстрого пиролиза.

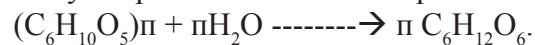
Входящие в состав древесины и названные выше основные химические элементы (С, Н и О) образуют сложные органические вещества – биополимеры. Главнейшие из них образуют клеточную оболочку (целлюлоза, лигнин, гемицеллюлозы – пентозаны и гексозаны) и составляют 90–95 % массы абсолютно сухой древесины. Остальные вещества, называемые экстрактивными, привлекаются различными растворителями без заметного изменения состава древесины; из

них наибольшее значение имеют дубильные вещества и смолы.

В среднем можно принять, что в древесине хвойных пород содержится 48–56 % целлюлозы, 26–30 % лигнина, 23–26 % гемицеллюлоз (10–12 % пентозанов и около 13 % гексозанов). В то же время древесина лиственных пород содержит 46–48 % целлюлозы, 19–28 % лигнина, 26–35 % гемицеллюлоз (23–29 % пентозанов и 3–6 % гексозанов). Древесина хвойных пород содержит больше целлюлозы и гексозанов, а для древесины лиственных пород характерно высокое содержание пентозанов. В клеточной оболочке целлюлоза находится в соединении с другими веществами. Особенно тесная связь, характер которой неясен, наблюдается между целлюлозой и лигнином.

Смесь различных химических соединений приводит к разному температурному порогу и разной скорости разложения входящих в состав древесины компонент.

Целлюлоза. Химическая формула целлюлозы $C_6H_{10}O_5$. Целлюлоза – это длинноцепная полимерная молекула, состоящая из повторяющихся глюкозидных остатков, число которых составляет обычно 6000–14000. Каждое звено имеет три гидроксильные группы – одну первичную ($-CH_2OH$) и две вторичные ($=CHOH$). Это очень стойкое вещество, нерастворимое в воде и обычных органических растворителях. Одно из наиболее характерных свойств целлюлозы – способность в присутствии кислот подвергаться гидролизу с образованием глюкозы. Гидролиз протекает ступенчато и суммарно может быть изображен как



Лигнин. Полимер ароматической природы (полифенол) сложного строения. Содержит больше углерода и меньше кислорода, чем целлюлоза. Общей структурной единицей всех видов лигнина является фенилпропан (C_6H_{10}). Лигнин химически нестойк, легко окисляется, растворяется при нагревании в щелочах и кислотах.

Гемицеллюлозы – группа полисахаридов, в которую входят пентозаны ($C_5H_8O_4$)_n и гексозаны ($C_6H_{10}O_5$)_n. Формула гексозанов близка к формуле целлюлозы. Однако степень полимеризации гемицеллюлоз значительно

меньше. Длины цепей составляют 60–200. Это приводит, в частности, к меньшей химической и температурной стойкости этих молекул по сравнению с целлюлозой.

При быстром пиролизе, когда скорость нагрева древесины может достигать сотен и тыс. градусов Цельсия в секунду, размеры кусков древесины, ее теплофизические свойства, могут иметь существенное значение в технологии термической переработки древесных отходов. Время нагрева внутренней части кусков древесины существенно зависит как от теплопроводности древесины, так и от способов подвода тепла к поверхности древесины.

Собственно древесина – это гигроскопический материал капиллярно-пористой структуры, способный удерживать влагу в макропорах (в полости клеток – свободная влага) и микропорах (между фибриллами клеточной стенки – связанная, или гигроскопическая, влага). Свежесрубленная древесина содержит обычно 40–50 % влаги от массы древесины. Равновесная влажность для различных древесных пород приблизительно одинакова и при 20 °С составляет около 20 % от полной массы древесины.

При удалении связанной влаги древесина уменьшается в размерах в тангенциальном и радиальном направлениях, соответственно, 6–10 % и 3–5 %, вдоль волокон – 0,1–0,3 %.

Плотность древесины существенно зависит от ее породы и влажности и обычно составляет 0,3–0,9 г/см³. Удельная теплоемкость приблизительно одинакова для всех древесных пород – для сухой древесины это 1,7–1,9 кДж/(кг С) при температурах 0–100 °С. Теплопроводность сухой древесины березы и сосны вдоль волокон равна соответственно 0,13 и 0,35 Вт/(м С).

Теплотворная способность сухой древесины практически не зависит от пород древесины и составляет 19–21 МДж/кг (для определенности в численном анализе примем ее за $W_{др} = 20$ МДж/кг).

Лигнин содержит относительно больше углерода и меньше кислорода, чем в среднем древесина. Его теплотворная способность составляет 23–27 МДж/кг ($W_{л} = 25$ МДж/кг).

Совмещение процессов пиролиза древесины и каталитического получения топлив пока не удалось осуществить в промышленном масштабе. Однако в последние несколько лет на эту перспективную тему появилось достаточно большое количество запатентованных предложений за рубежом.

Пиролиз древесины. Процесс газификации древесины без доступа воздуха, называемый пиролизом, позволяет получать наиболее качественный горючий газ с точки зрения его теплотворной способности и более пригодный, чем генераторный газ, для транспортировки и переработки в жидкое топливо.

Нагрев древесины проводят либо путем ее контакта с горячей твердой поверхностью (в основном это абляционные технологии), помещением кусков древесины в горячую жидкость (типа шлаков), либо непосредственно потоком самого нагретого пиролизного газа, циркулирующего в частично замкнутом контуре. Последняя схема, в частности, и была принята за основу в нашей разработке.

При неполном сгорании древесины, как и при пиролизе, образуется жидкая фракция, называемая пирожидкостью, которая также может служить как топливом, так и источником других полезных продуктов (уксусная кислота, метиловый спирт и др.).

Остановимся более подробно на интегральных характеристиках получения моторных топлив из древесины и проведем упрощенный материальный баланс с целью показать, каков может быть максимальный выход углеводородных топлив в результате пиролиза древесины.

При пиролизе процесс термопереработки материала происходит без добавления дополнительных компонент, то есть элементный состав исходных и конечных продуктов одинаков.

Состав исходного древесного сырья как $p(-C_6H_{10}O_5-)$, а состав конечного полезного продукта – $m(-CH_2-)$.

Из состава продуктов видно, что лимитирующим веществом для получения углеводородного топлива является водород, а кислород из древесины следует убирать. Из одного элемента структуры целлюлозы можно получать пять элементов структуры топ-

лива. При этом в остатке оказываются один атом углерода С и пять атомов кислорода О.

Другими словами, из одного килограмма сухой древесины D можно было бы получить максимум T_1 кг углеводородного топлива $T_1 = (5 \times (12+2)) / (6 \times 12 + 10 + 5 \times 16) = 0,43$ (кг).

Сопутствующими другими конечными продуктами пиролиза могли бы быть комбинации из остатков атомов элемента структуры целлюлозы (один атом углерода и пять атомов кислорода). Поскольку, как известно из многочисленных экспериментов, свободный кислород в продуктах пиролиза всегда отсутствует, а максимальная степень окисления углерода соответствует CO_2 , естественно предположить, что три оставшихся атома кислорода должны пойти на окисление водорода и других атомов углерода, что снизит выход углеводородных топлив из древесины.

Максимальный выход углеводородного топлива может быть, если реакция пиролиза пойдет по пути



В этом наиболее правдоподобном случае максимальный выход углеводородного топлива T_2 из 1 кг сухой древесины составит $T_2 = (4 \times (12+2)) / (6 \times 12 + 10 + 5 \times 16) = 0,35$ (кг).

Состав других продуктов: вода – 0,11 кг; CO_2 – 0,54 кг.

Однако, реально, в известном технологическом процессе получения моторных топлив через метанол (CH_3OH) – сначала получают метанол (на два элемента структуры целлюлозы получается максимум 5 молекул метанола плюс 2 молекулы CO_2 плюс одна молекула CO плюс 4 атома углерода), а затем, отнимая от метанола молекулу воды H_2O , получаем один элемент структуры углеводородного топлива.

То есть максимальное количество топлива, которое можно получить из древесины метанольным процессом, будет в два раза меньше T_1 , или

$$T_3 = T_1/2 = 0,215 \text{ (кг)}.$$

Состав других продуктов: вода – 0,28 кг; CO_2 – 0,27 кг; CO – 0,09 кг; уголь – 0,15 кг.

Реально все может быть гораздо хуже. Самый плохой случай, который, к счастью, на практике не реализуется, это когда при пиролизе древесины водород, входящий в ее

состав, окисляется входящим с состав древесины кислородом.

В результате при таком пути пиролиза свободного водорода не остается и в качестве его продуктов имеем воду (В) и уголь (У). О получении углеводородного топлива здесь не может быть и речи. Из одного килограмма древесины (целлюлозы) тогда получаем $U = 0,44$ (кг); $V = 0,56$ (кг) и больше ничего.

Таким образом, рассмотрение упрощенного материального баланса показывает, что максимальный выход углеводородных топлив в результате пиролиза древесины в метанольных технологиях не может превышать по весу 21,5 % от веса сухой древесины. В этом случае будет образовано 15 % углей.

Однако такой процесс реально не происходит.

В результате проведенного анализа можно сделать следующее замечание: реально древесина состоит не только из целлюлозы, но и из других субстанций. Относительно их влияния на выводы данного раздела можно сказать следующее.

Лигнин. Может незначительно (в пределах нескольких процентов) увеличить выход углеводородных топлив за счет меньшего содержания кислорода в своем составе по сравнению с целлюлозой.

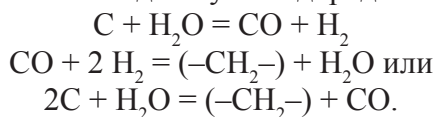
Гемцеллюлозы. Их учет практически не влияет на результаты анализа.

Прочие компоненты (смолы и т.п.). Смолы, скорее всего, перейдут в водный раствор, в котором, кроме достаточно большого количества воды, будут органические кислоты, уголь, спирты, альдегиды, кетоны и т.п..

В зависимости от способа получения этой пирогазности состав будет меняться, так же как и ее теплотворная способность. Чем меньше будет получаться углеводов в газовой фазе, тем большей теплотворной способностью будет обладать пирогазность, главным образом за счет находящегося в ней углерода (мелкодисперсного угля).

Если обеспечить достаточно высокие температуры пиролиза (более 850 °С), то образование углей не будет сильно вредить образованию жидкого углеводородного топлива

– в результате эндотермической реакции конверсии (окисления угля водой) из углерода и воды образуется водород и угарный газ, которые также могут приводить, в конце концов, к образованию жидких углеводородов



То есть, водород никуда не уходит из системы, но половина углерода может уходить с газами. Но и в этом случае нетрудно видеть, выход углеводородного топлива все-таки не будет превышать пределов T_2 или T_3 (35 % и 21,5 % на единицу массы сухой древесины).

С энергетической точки зрения процессы пиролиза и получения жидкого углеводородного топлива можно разбить на следующие стадии: пиролиз – термическая деструкция и деполимеризация органических полимеров – это эндотермический процесс. Реакции между фрагментами продуктов деструкции и деполимеризации – главным образом в случае древесины – это окисление углерода и водорода с образованием CO, CO₂, H₂O, H₂, CH₄ и др., насколько хватит кислорода. Это экзотермический процесс.

Органический синтез – образование на катализаторах метанола из продуктов пиролиза при повышенных температуре и давлении. Синтез из метанола на катализаторах углеводородного топлива и воды – экзотермический процесс.

Известно, что теплота сгорания сухой древесины составляет около 20 МДж/кг, а теплота сгорания жидкого углеводородного топлива – около 43 МДж/кг. Масса образующегося в процессах синтеза и пиролиза топлива существенно меньше, чем масса исходной древесины. Теплосодержание исходного одного килограмма сухой массы древесины составляет 20 МДж. Теплосодержание получаемых в результате нашего технологического процесса топлив может составить $T_2 \times 43 \text{ МДж/кг} = 0,35 \text{ кг} \times 43 \text{ МДж/кг} = 15,0 \text{ МДж}$, которое меньше, чем в исходной древесине.

Отсюда можно сделать выводы: если в процессе получения жидкого углеводородного топлива из древесины выход жидкого топлива по весу будет менее $20/43 = 0,465$ (46,5 %) – в

нашем случае T_2 это 35 % и при этом других горючих компонент не остается, то брутто процесс получения углеводородных топлив будет экзотермическим и дополнительное тепловыделение (на килограмм древесины) составит: $TB_2 = (0,465 - 0,35) \times 43 = 5 \text{ МДж}$.

Если принять эффективную теплоемкость вещества за 1 кДж/(кг·С), то температура может подняться свыше 1000 С, при которых реакции синтеза происходить не смогут, и в конечных продуктах синтеза будут значительные остатки горючих газов и, возможно, также угольный порошок. Поэтому актуальной становится проблема охлаждения перерабатываемого вещества.

Другой предельный случай может осуществляться, если в процессе пиролиза образуются только уголь (0,44 кг) и вода (0,56 кг). Учитывая теплотворную способность угля около 33 МДж/кг, получаем, что при его сжигании выделится теплота $0,44 \times 33 = 14,5 \text{ МДж}$ (при сжигании древесины выделяется около 20 МДж/кг тепловой энергии). Это означает, что в процессе пиролиза при получении указанного выше состава продуктов уже выделилось $20 - 14,5 = 5,5 \text{ МДж/кг}$ энергии.

Это достаточно большая величина энергии, учитывая, что в случае отсутствия тепло- и массообмена с окружающей средой энергия остается в этой среде. Следует полагать, что эта энергия пойдет частично на осуществление эндотермической реакции конверсии (C + H₂O) с образованием водорода и угарного газа.

Зная тепловой эффект этой реакции (около – 11 МДж/кг угля), оценим количество угля, которое должно пойти на реакцию. Оно примерно равно $5,5/11 = 0,5 \text{ кг}$, что больше, чем имеется в нашем распоряжении. Это означает, что нужно учитывать и другие реакции с большим поглощением тепла (например, реакции конверсии с получением H₂ и CO₂), реакции образования метана CH₄ и т.п..

Следующий вывод: численное исследование проблемы с учетом реальных экспериментальных условий, то есть с учетом геометрических размеров установки, конструкций теплообменных аппаратов, скрубберов, компрессоров для компремирования пиролизных газов, оптимальных режимов

по температуре и давлению работы катализаторов, как по получению метанола, так и по синтезу углеводородов, помогут определить оптимальные характеристики технологического процесса получения жидких моторных углеводородных топлив. Все комбинированные установки нужно строить с учетом необходимости эффективного теплоотвода.

Рассмотрение баланса энергии в процессе пиролиза древесины показывает, что и собственно пиролиз сопровождается в объеме сильными экзотермическими процессами. То есть, если мы имеем подвод тепла через поверхность древесного куска, то в объеме древесины может развиваться термическая волна пиролиза, типа волны горения, которая будет распространяться вглубь древесины.

Скорость такой волны будет определяться как толщиной фронта такой волны, так и встречной скоростью выходящих наружу пиролизных газов. В принципе имеем классическую задачу о распространении температурного фронта внутри древесины с химическими реакциями на фронте волны. Задача имеет специфическую особенность, связанную с анизотропией теплопроводности древесины и наличием капилляров в ее структуре.

Большой практический интерес представляет исследование влияния давления на процесс быстрого пиролиза. Повышение давления до нескольких десятков – сотен атмосфер позволило бы согласовать без дожимающих компрессоров установку пиролиза и установку синтеза метанола, т.е. резко улучшить технические характеристики комплексной установки, имеющей в составе пиролиз древесины, и получение жидкого качественного топлива.

Влияние давления на процесс быстрого пиролиза может сказываться как через изменение скоростей протекания химических процессов, так и через изменение таких физических параметров, как диффузия и теплопроводность.

Определяющим процессом начала пиролиза является деструкция древесины. Ее скорость, очевидно, не зависит от давления, а зависит только от температуры. Скорость образования вторичных продуктов пиролиза в результате взаимодействия продуктов пиролиза

друг с другом (как правило, это экзотермические процессы), растет с ростом давления, однако слабо влияет на состав конечных продуктов.

Специально введенный в процесс пиролиза углекислый газ или, например, пропан, имеющий в два раза меньшее критическое давление, обеспечивает резкое увеличение эффективной теплопроводности вещества, усиление проникающей способности этого вещества и скорости распространения фронта волны пиролиза внутрь куска древесины, выравнивание температур в реакционном объеме за счет увеличения молекулярной и турбулентной диффузии.

Для аппаратов синтеза метанола и жидкого топлива резко улучшатся условия тепло– отвода и теплоподвода, что в положительную сторону скажется на параметрах всей комплексной установки.

Недостатком процесса является появление дополнительного узла, который, наряду с уже имеющимся реактором синтеза, должен удовлетворять требованиям Ростехнадзора по давлению. Однако этот недостаток, возможно, с лихвой будет скомпенсирован резким улучшением экономических и потребительских характеристик получаемой установки.

Древесные отходы имеют вполне определенную влажность. Обычно это 15–40 %. Влажность приводит к дополнительным энергетическим затратам на испарение. Также влажность увеличивает вес исходного сырья.

При влажности древесины 30 % имеем 70 % сухой массы и 30 % воды. То есть, теплотворная способность 1 кг влажной древесины составит $20 \times 0,7 = 14$ МДж/кг. На испарение 0,3 кг влаги пойдет $0,3 \times 2,26 = 0,7$ МДж.

Реальная теплотворная способность древесины уменьшится до величины 13,3 МДж/кг. Это обязательно нужно учитывать при проведении процесса в реальных условиях. Брутто процесс получения углеводородного топлива из древесных отходов уже становится эндотермическим, то есть, для его проведения уже потребуется подвод энергии и общая технологическая схема комплексной установки должна поменяться.

Третий вывод – в качестве практической рекомендации нужно выдвинуть требова-

ние, чтобы исходная влажность древесины, с учетом неизбежных потерь в реальных установках, была никак не выше 15–20 %.

Обзор современных технологий получения жидкого топлива из биомассы быстрым пиролизом дан в работе Гелетухи Г.Г. и Железной Т.А. [1]. Пиротопливо, получаемое на описанных в обзоре установках из древесины, содержит большое количество кислорода (30–40 %), воды (15–25 %) и органических кислот (4–7 %). Теплота его сгорания почти в 2 раза меньше, чем у легкого котельного топлива. Наличие большого количества воды затрудняет воспламенение пиротоплива. Кислоты могут вызвать коррозию материалов энергогенерирующего оборудования, поэтому емкости для хранения пиротоплива, насосы, вентили, форсунки и т.п. должны быть изготовлены из специальных коррозионностойких материалов, например из полипропилена. При хранении пиротоплива увеличивается его вязкость, сепарация фаз, откладывается битумоподобный осадок вследствие полимеризации.

Такое пиротопливо является некачественным продуктом, фактически это есть порча сырья. Авторы обзора отмечают, что ни одна из технологий повышения качества пиротоплива не является пока коммерчески пригодной, не получены надежные данные по балансу массы в рассматриваемых процессах и по эксплуатации установок, основанных на описанных технологиях [5].

Четвертый вывод – сверхкритические технологии в этих процессах позволяют создавать компактные эффективные установки синтеза высококачественных моторных топ-

лив из отходов древесины даже в мобильных вариантах исполнения. Реальный выход углеводородов (бензин марки А-95 евро 4) будет на уровне 15–20 весовых процентов от сухой массы древесины.

Комбинированная установка пиролиза древесных отходов и синтеза углеводородов сможет успешно работать при влажности древесины не более 15–20 % и давлениях в системе несколько десятков атмосфер, необходимых для проведения реакций синтеза метанола как промежуточного продукта и затем синтеза из него моторных топлив, если при всем этом очень тщательно подходить к решению вопросов теплообмена внутри этой достаточно сложной установки.

Библиографический список

1. Гелетухи Г.Г., Железной Т.А. // Экологическая технология и ресурсосбережение, 2000. – № 3. – С. 3–11).
2. Платэ Н.А. Проблемы и перспективы производства моторных топлив с улучшенными экологическими характеристиками (ДМЭ, бензин из ДМЭ, чистый водород) на базе природного газа / Н.А. Платэ, А.Я. Розовский // Тр. Междунар. конф. «Альтернативные источники энергии для транспорта и энергетики больших городов», Ч. 1., 2005. – С.8.
3. Иващенко В. Получение синтетических моторных топлив с использованием GTL– и CTL-технологий / В. Иващенко. – ТЭК, 2005. – № 9.
4. Лapidус А.Л. Состояние и перспективы разработок в области промышленного осуществления синтеза углеводородов из СО и Н₂: Докл. совещ. по перспективам переработки газа в моторные топлива и другие химические продукты / А.Л. Лapidус, А.Ю. Крылова. – ОАО «Газпром», 20–22 июня 2001 г.
5. Bridgewater A.V. Biomass Pyrolysis Technologies// Proc. of the 5th Europ. Bioenergy Conf., Lisbon, Portugal, 9-13 Oct., 1989

УНИВЕРСАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОПИТКИ ДРЕВЕСИНЫ

И.Н. МЕДВЕДЕВ, директор ООО «Лигнум», канд. техн. наук,

В.А. ШАМАЕВ, проф. каф. древесиноведения ВГЛТА, д-р техн. наук,

Р.В. ЮДИН, доц. каф. механизации лесного хозяйства ВГЛТА, канд. техн. наук,

В.А. МАНАЕВ, студент V курса механического ф-та ВГЛТА

И.В. ВОСКОБОЙНИКОВ, зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК» по науке, д-р техн. наук,

gncplpk@mail.ru

Древесина является ценнейшим природным материалом, имеющим широкое применение. Нет такой отрасли народного

хозяйства, где бы ни использовалась древесина в естественном или модифицированном виде [1, 2].

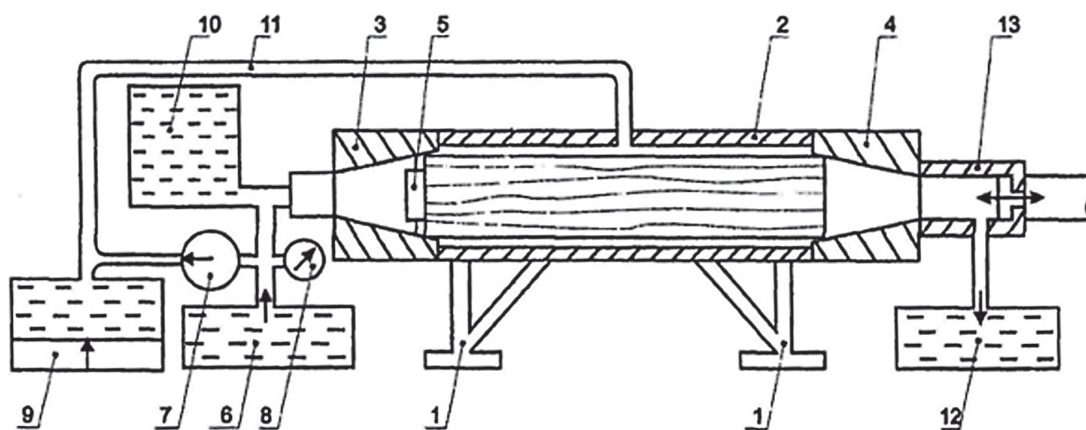


Рис. 1. Общая схема установки для глубокой пропитки древесины

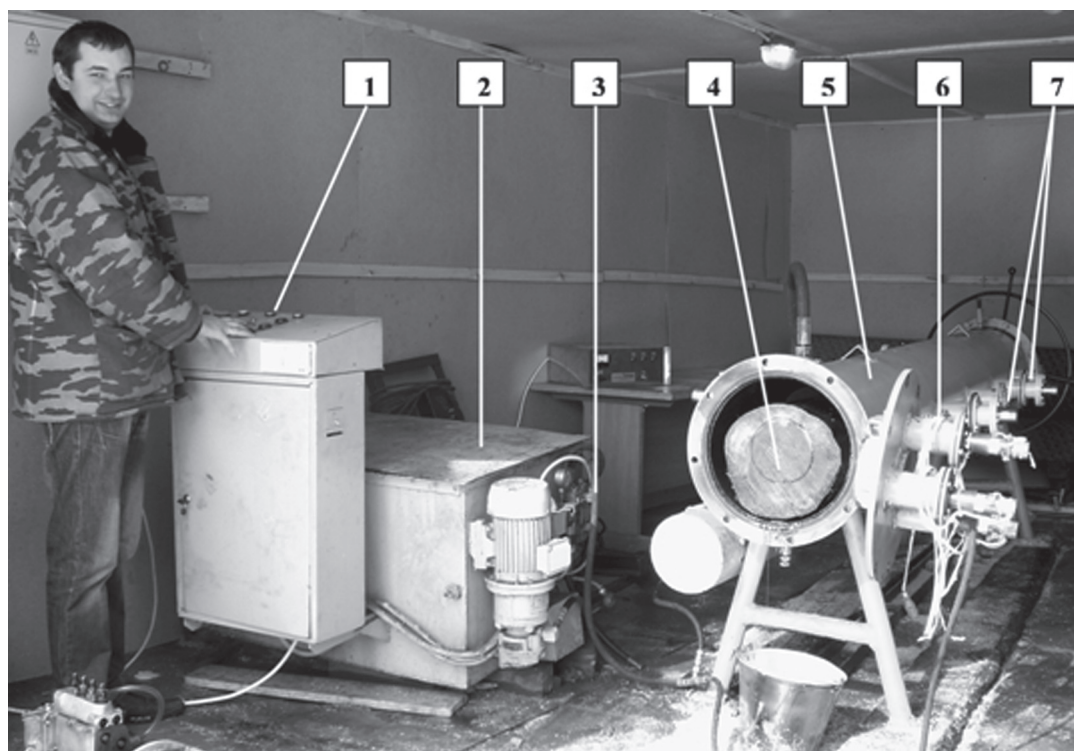


Рис. 2. Общий вид опытной универсальной пропиточной установки УП-03 для сквозной пропитки древесины труднопропитываемых пород: 1 – пульт управления гидростанции; 2 – бак с пропиточным раствором; 3 – гидронасос с пульсатором; 4 – бревно древесины хвойной породы; 5 – рабочая камера пропиточной установки УП-03; 6 – передняя крышка со встроенными торцовыми ультразвуковыми излучателями; 7 – боковые ультразвуковые излучатели

Растущее развитие деревообрабатывающей и химической промышленности, строительство и ремонт железных дорог, создание и поддержание линий связи и электропередачи и многие другие виды потребления древесины в народном хозяйстве требуют больших объемов деловой древесины.

Древесина как материал растительного происхождения, обладая некоторой природной стойкостью против воздействия деструк-

сирующих грибов и насекомых, все же подвергается гниению и разрушению насекомыми. Заболонная древесина всех пород особенно легко подвергается гниению. Ядровая древесина более стойкая по сравнению с заболонью, но и она подвергается гниению. Ее можно лишь разделять на устойчивую и легко гниющую, но считать вполне стойкой нельзя. Поэтому одним из условий рационального и, следовательно, экономного использования древесины

в народном хозяйстве является продление ее срока службы путем введения (пропитки) в нее модифицирующих агентов [3, 4].

В настоящее время разработан ряд достаточно эффективных консервирующих веществ, обеспечивающих надежную защиту древесины от гниения, но способы их введения в древесину не всегда позволяют полностью использовать защитную способность этих антисептиков. Существующие методы пропитки древесины обеспечивают достаточное проникновение антисептика только в заболонь. Ядро же, составляющее основную часть древесины ствола, пропитывается лишь на глубину 3–6 мм. Такая глубина пропитки не позволяет надежно защитить ядровую древесину от гниения, особенно в тех случаях, когда в процессе эксплуатации древесина подвергается растрескиванию. В открытые непропитанные участки проникают споры дереворазрушающих грибов, вызывая гниение древесины изнутри.

Из изложенного следует, что одной из основных задач консервирования древесины в настоящее время является разработка способов глубокой (сквозной) пропитки древесины, которые дадут значительную экономию древесины и большой экономический эффект [5, 6].

Для пропитки крупномерных заготовок древесины наиболее эффективной оказалась пропитка с торца под давлением [7, 8]. Ранее этот способ использовался для пропитки древесины легкопропитываемых пород (береза, ольха, эвкалипт и др.), когда не требовалось помещать заготовки в стальную трубу, а давление пропитки составляло 5–8 атм. Время пропитки для заготовок древесины березы длиной 3 м составляло 20–30 мин, для ольхи 40–60 мин, для эвкалипта 15–25 мин.

На рис. 1 представлена общая схема установки для глубокой пропитки древесины (патент ООО «Лигнум» № 2378106).

Установка состоит из станины 1 с закрепленной на ней металлической трубой 2, 3, передняя крышка с круглым ножом и тремя торцовыми ультразвуковыми излучателями 5, задняя крышка 4, емкость с пропиточной жидкостью 6, гидравлический насос 7, манометр 8, пневмогидравлический аккумулятор давле-

ния (расширительный бак) 9, гидропульсатор 10 с обратным клапаном, вспомогательный трубопровод 11, емкость для сбора воды 12, ручной механизм подачи ножа на торец бревна 13.

Пропитка осуществляется следующим образом: оцилиндрованное сырое бревно длиной 3 м хвойных пород укладывают в трубу 2, затем бревно зажимают ножом передней крышки 3 и подвижным ножом задней крышки 4 при помощи ручного механизма подачи ножа 13. Происходит полная герметизация установки. Каменноугольное масло из емкости 6 под давлением, создаваемым насосом 7, подается через гидропульсатор 10 в торец бревна через переднюю крышку 3, а также в расширительный бак 9, и масло продавливается в торец бревна. Вода, вытекающая из бревна, собирается в баке 12.

На рис. 2 представлен общий вид опытной универсальной пропиточной установки УП-03 для сквозной пропитки древесины труднопропитываемых пород.

На рис. 3 представлена кривая зависимости давления масла на сырое сосновое бревно от времени в процессе сквозной пропитки древесины с переменной пульсацией масла при помощи гидропульсатора, с импульсами переменного давления амплитудой 1 МПа.

Испытания установки проводились на двух породах: сосна обыкновенная диаметром 22–24 см и ель такого же диаметра, длина бревна составляла 2950 см. Оптимальное время пропитки составило 180 минут, после чего пропитка затухала, масло сильно сочилось с контрольного отверстия в задней крышке, что свидетельствовало о прохождении масла по всей длине бревна. Процесс глубокой пропитки обеспечивается за счет давления масла на торец бревна 3,5 МПа, снаружи бревна давление масла по манометру составляет 3,0 МПа. При повышении давления в торец время пропитки не уменьшается, бревно трескается, и масло идет только по трещине. Ускорителем процесса пропитки является воздействие ультразвуковых волн на древесину. С торца в крышке встроены три ультразвуковых излучателя, которые работают от генератора 1, с торца вдоль волокон бревна озвучивается с

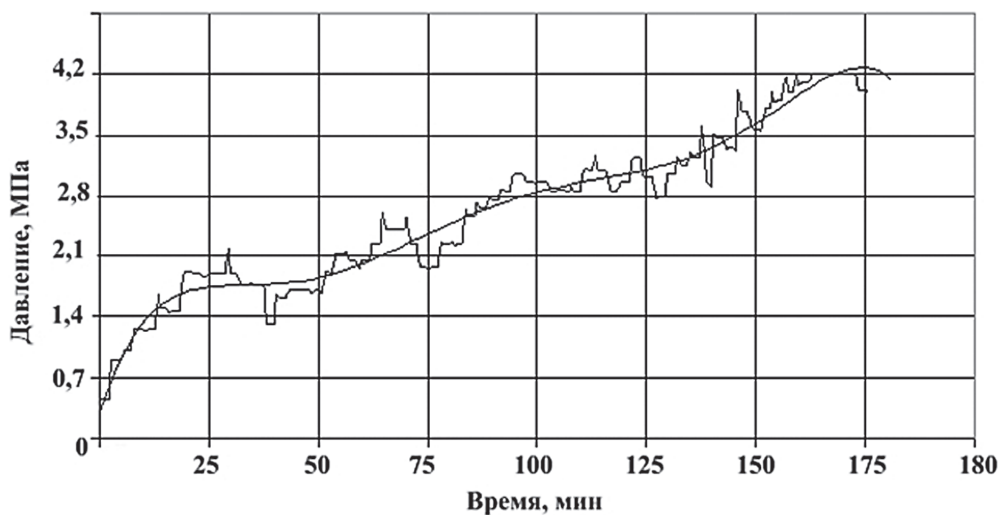


Рис. 3. Кривая зависимости роста давления масла на торец бревна от времени

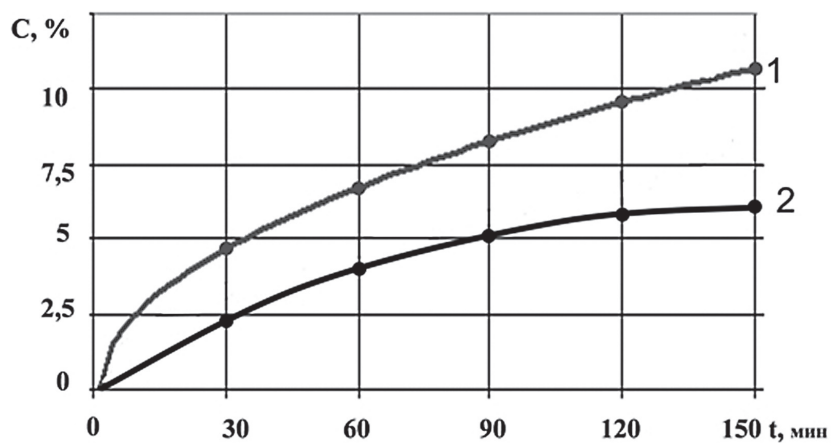


Рис. 4. Кривые зависимости концентрации масла по сухой древесине в среднем по всей массе бревна от времени пропитки: 1 – сосновое бревно; 2 – еловое бревно

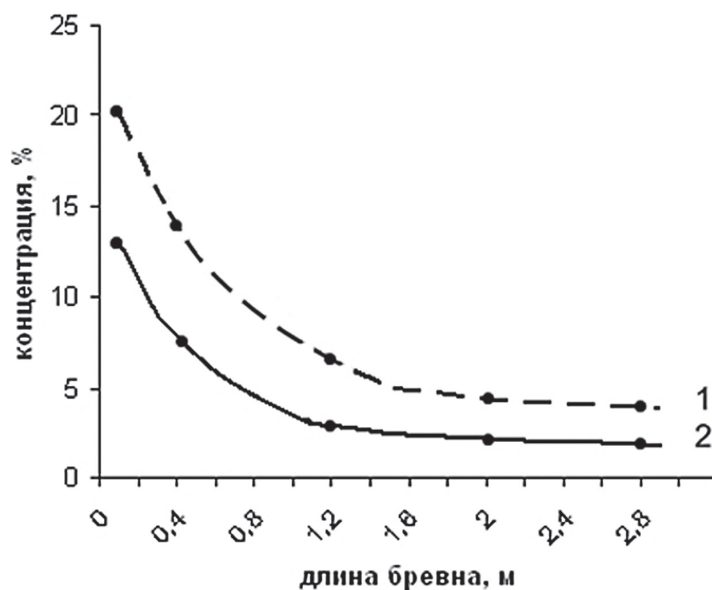


Рис. 5. Кривые зависимости концентрации масла по сухой древесине в среднем по всей массе бревна от времени пропитки: 1 – сосновое бревно, кривая; 2 – еловое бревно

интенсивностью ультразвуковых колебаний выше 17 Вт/см². По длине бревна установлены в шахматном порядке пять ультразвуковых излучателей, которые работают от генератора 2, озвучивание бревна происходит поперек волокон с интенсивностью ультразвуковых колебаний 13–17 Вт/см². Еще одним условием глубокой пропитки является, температура бревна и масла в трубе. Температура бревна в центре 40±3 °С, по всей длине. Температура масла составляет 75 °С.

На рис. 4 представлены кривые зависимости концентрации масла по сухой древесине от времени пропитки. Данные приведены в среднем по всей массе бревна.

Как видно на рис. 4, содержание антисептика в древесине сосны удовлетворяет нормативам (10 %), а содержание масла в ели недостаточное. Суммарное содержание масла в древесине не отражает его реального распределения по сечению бревна.

На рис. 5 представлено распределение масла по длине бревна для древесины сосны и ели длиной 3 м.

Как видно на рис. 5 масло в древесине по длине распределено неравномерно. Торец бревна, с которого начинается пропитка, перенасыщено антисептиком, а противоположный торец недопропитан. Равномерное распределение антисептика в древесине начинается со второго метра от торца начала пропитки. Для равномерного распределения жидкости требуется повторная пропитка с противоположного конца бревна, либо пропитка в течение длительного времени (более 3 часов).

Механизм пропитки, на наш взгляд, заключается в следующем. Импульсное приложение большого давления (3,5 МПа) позволяет расширять поры в трахеидах, особенно в местах соединения трахеид. При этом отложения в порах смолистых и других экстрактивных веществ выдавливаются в полость трахеид и не мешают пропитке. Это возможно в том случае, если анатомические элементы древесины пребывают в колебательном состоянии (без разрушения) за счет воздействия ультразвуковых волн с интенсивностью ультразвуковых колебаний 13–17 Вт/см². Время пропитки зависит от состояния актив-

ности и вязкости пропитывающей жидкости. Вязкость антисептика, в нашем случае каменноугольного масла, падает в 3–6 раз за счет воздействия ультразвука.

Выводы

1. Впервые сочетанием трех технологических параметров: приложение давления более 3 МПа, приложение давления в виде гидроимпульсов, ультразвуковое озвучивание бревна и пропитывающей жидкости, решена задача сквозной пропитки древесины сосны и, частично, ели. Оптимизация режимов пропитки позволит перейти к наиболее труднопропитываемой среди отечественных пород древесине лиственницы.

2. Разработанный способ и устройство сквозной пропитки сырой древесины хвойных пород может быть рекомендовано для антисептирования сосновых заготовок для шпал и столбов ЛЭП. Для древесины ели требуются дополнительные эксперименты.

Библиографический список

1. Шамаев, В.А. Химико-механическое модифицирование древесины / В.А. Шамаев – Воронеж: ВГЛТА, 2003. – 260 с.
2. Шамаев, В.А. Пропитка сырой древесины с торца под давлением / В.А.Шамаев, С.Н.Панявин // Технология и оборудование деревообработки в XXI веке : межвуз. сб. науч. тр. / ВГЛТА. – Воронеж, 2003. Вып. 2. – С. 85–88.
3. Технологическая инструкция по пропитке деревянных шпал водорастворимым антисептиком и технические условия на пропитанные шпалы / – М.: Лесная пром-сть, 1990. – 33 с.
4. Харук, Е.В. Проницаемость древесины некоторых хвойных пород / Е.В. Харук.– Красноярск: Красноярское книжное изд-во, 1969. – 91 с.
5. Ермолин, В.Н. Проницаемость древесины при переменном давлении / В.Н. Ермолин, Д.Н. Деревянных // Строение, свойства и качество: II междунар. симпозиум: тез. докл. / МГУЛ. – М., 1996. – С. 53–55.
6. Серговский, П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С. Серговский, А.И. Расев. – М.: Лесная пром-сть, 1987. – 360 с.
7. Ермолович, А.Г. Обработка древесных материалов пульсирующим давлением / А.Г. Ермолович. Обработка древесных материалов пульсирующим давлением – Красноярск: КГУ, 1986. – 176 с.
8. Харук, Е.В. Проницаемость древесины газами и жидкостями / Е.В. Харук. – Новосибирск: Наука, 1976. – 190 с.

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ПОПЕРЕК ВОЛОКОН

В.А. ШАМАЕВ, проф. каф. древесиноведения ВГЛТА, д-р техн. наук, д.т.н.,
И.В. ВОСКОБОЙНИКОВ, зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК» по науке, д-р техн. наук,
В.М. ЩЕЛОКОВ, зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК»

gnclpk@mail.ru, drevstal@mail.ru

Деформирование древесины изначально достаточно полно рассмотрено при малых деформациях в пределах действия закона Гука (Б.Н. Уголев, Ф. Колльман, Ю.М. Иванов) [1, 2, 7]. Реология процесса прессования при больших деформациях исследована менее подробно (П.Н. Хухрянский, Б.И. Огарков) [3, 4] для древесины с малой степенью пластичности. Для пластифицированной древесины реологические уравнения получены К.А. Рощенсом [5]. Целью настоящей работы явилось изучение реологии прессования древесины, пластифицированной карбамидом [6].

Для оценки деформаций сжатой поперек волокон древесины во времени изучена прямая и обратная ползучесть. Испытания проводили на рычажной установке (рис. 1), позволяющей сохранять постоянной влажность образца во время нагрева.

Установлено, что в среднем величина упругой деформации натуральной древесины мало изменяется со временем. Так, при напряжении 1,8 МПа и влажности древесины 5 % она уменьшилась за 600 с на 31 %, при влажности 10 % – на 24 % (рис. 2). При напряжении 8 МПа древесина березы влажностью 10 % и более начинает заметно прессоваться, т.е. наступает вторая фаза деформирования. Пропитка древесины карбамидом приближает деформативные показатели древесины к соответствующим более влажным образцам (рис. 3).

Со временем уменьшается упругая составляющая, но не возрастают и остаточные деформации. Остается практически постоянной сумма упругих и остаточных деформаций, следовательно, пластифицированная карбамидом древесина проявляет неявный

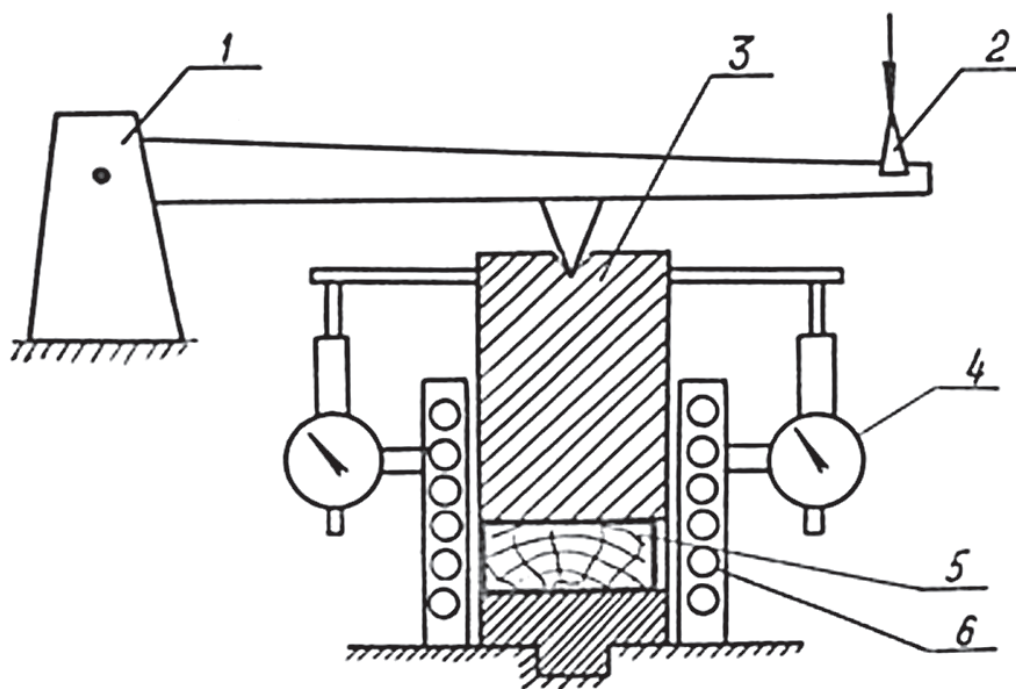


Рис. 1. Схема рычажной установки: 1 – опора; 2 – нагрузитель; 3 – пуансон; 4 – измерители; 5 – образец; 6 – нагреватель

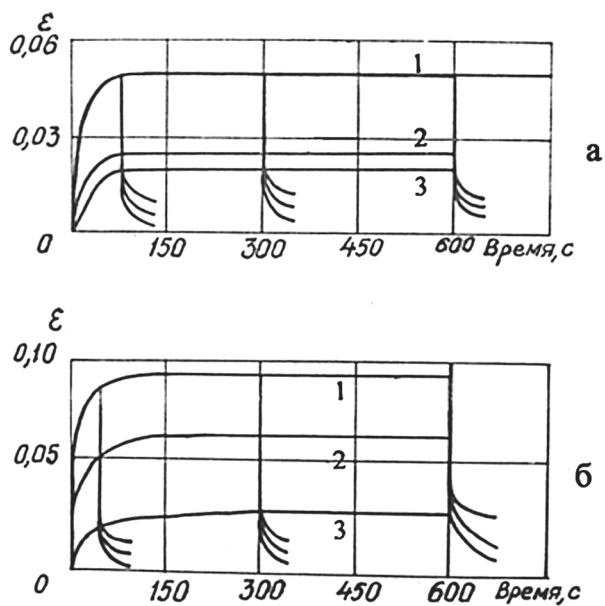


Рис. 2. Кривые ползучести натуральной древесины при различной влажности (а) и различных напряжениях (б): 1, 2, 3 – соответственно влажность 21, 13, 10 % (нагрузка 2,8 МПа); 4, 5, 6 – соответственно напряжения 8,0, 4,3, 1,8 МПа (влажность 10 %)

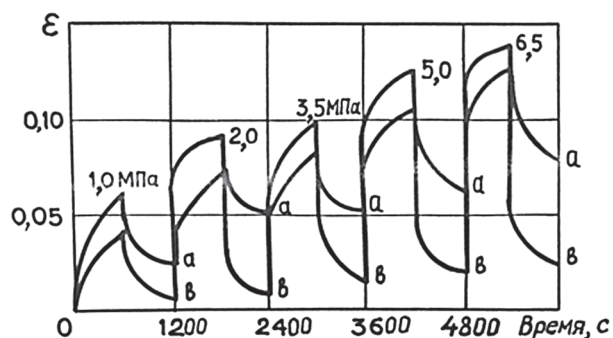


Рис. 4. Ползучесть и обратная ползучесть сжатой поперек волокон пластифицированной древесины при температурах: а – 95 °С; б – 20 °С

характер трансформации упругих деформаций в остаточные.

По-видимому, со временем в древесине происходит накопление связей, препятствующих быстрому восстановлению размеров после снятия нагрузки. Для пластифицированной древесины при малой влажности остаточные деформации пропорциональны приложенному напряжению и нарастают в течение периода испытаний с затуханием. Следовательно, пропитка древесины карбамидом приводит к резкому (в 3–6 раз) снижению доли упругих деформаций, быстро убывающих во време-

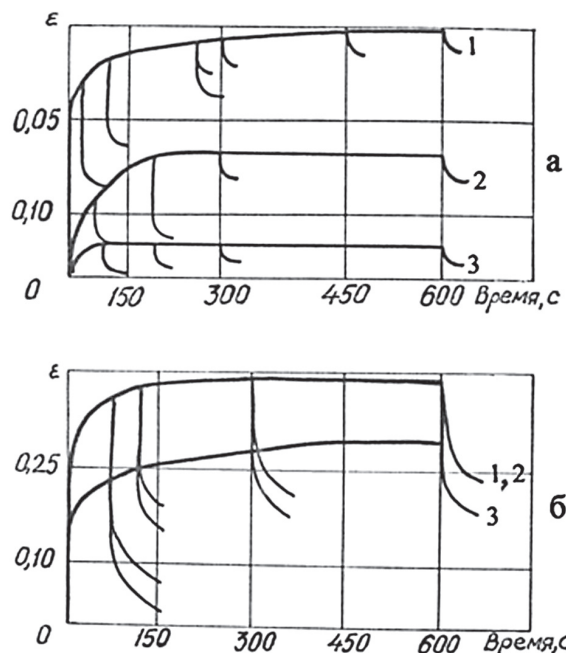


Рис. 3. Кривые ползучести пластифицированной древесины влажностью 5 % (а) и 20 % (б) при различных нагрузках: 1, 2, 3 – соответственно 8,0, 4,3, 1,8 МПа

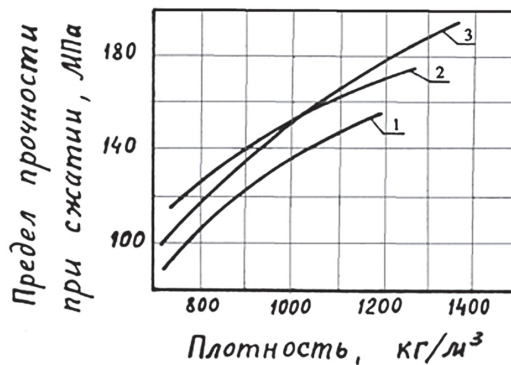


Рис. 5. Зависимость предела прочности при сжатии вдоль волокон от плотности прессованной древесины: 1 – полученной по способу Хухрянско-го; 2 – Лигнамона; 3 – Дестама

ни, причем по мере выдержки под давлением замедляется скорость обратной ползучести. Оценивая роль пластификатора, можно сделать вывод, что пропитка карбамидом в несколько раз повышает податливость древесины во влажном состоянии при сжатии. С другой стороны, после разгрузки наблюдается переход упругих деформаций в задержанные, а часть задержанных деформаций переходит в остаточные. Следовательно, в пластифицированной древесине происходит интенсивная релаксация напряжений, связанная с переходом в новое равновесное состояние.

Мгновенный и длительный модули упругости древесины

Влажность, %	Модули упругости, ГПа в направлениях					
	радиальном		тангенциальном		вдоль волокон	
	Мгновенные	Длительные	Мгновенные	Длительные	Мгновенные	Длительные
10	1,18	0,70	0,707	0,28	13,12	7,30
20	0,86	0,18	0,450	0,18	7,23	4,77
30	0,44	0,11	0,330	0,11	5,27	3,29

Ползучесть и обратная ползучесть древесины при различной температуре представлена на рис. 4. Верхняя кривая отражает развитие общих деформаций нагретой до 99 °С пластифицированной древесины березы плотностью 676 кг/м³ и влажностью 10 %. Кривая отражает развитие деформаций в древесине при комнатной температуре и постоянной влажности. Развитие деформаций в начале процесса нагружения для обоих случаев происходит при фактически постоянной влажности и отражает в основном влияние температуры. Повышение температуры в 4,75 раза приводит к увеличению общей деформации в 1,5 раза.

Высокоэластичная деформация, или деформация внутреннего трения, определяемая взаимным перемещением микрофибрилл целлюлозы и при нагрузке определяемая как запаздывающая деформация. Может достигать до 20 % общей; проявляется преимущественно в первой и третьей фазах деформирования.

Деформация прессования определяется изменением конфигурации – сосудов клеток древесины, достигает 70 % общей деформации, проявляется преимущественно во второй фазе деформирования.

Деформация формоизменения развивается за счет поперечного деформирования свободного образца или за счет сил трения о стенки пресс-формы при наличии боковых ограничений, составляет от 5 до 20 % общей деформации. Проявляется на всех трех фазах деформирования. Определяется величиной деформации прессования.

Деформация разрушения характеризует необратимое изменение микроструктуры древесины вследствие неравномерности сжатия отдельных элементов конструкции и

их разрушения. Зависит от состояния древесины в процессе сжатия и проявляется лишь при возвращении древесины из прессованного в натуральное состояние. Может колебаться в пределах от 5 до 40 % общей деформации древесины. Экспериментальное определение выявленных деформаций смятия проводилось на рычажной установке (рис. 1). Установлено, что толщина слоя смятия при нагрузке 7,5 МПа для натуральной древесины влажностью 10 % составляет 0,423 мм, для пластифицированной карбамидом – 0,811 мм. Экспериментально были определены мгновенный и длительный модули упругости древесины березы, пластифицированной карбамидом при сжатии в трех направлениях (таблица).

Зная величины длительного и мгновенного модулей упругости, можно рассчитать время ползучести и показатель формы кривой ползучести. Показатель формы кривой, выступающей в качестве показателя интенсивности процесса, лежит в интервале 0,314–0,357. Это свидетельствует о том, что переход сжатой поперек волокон древесины в новое равновесное состояние не затухает даже за два месяца – ползучесть продолжается значительно дольше. Одной из составляющих деформаций при прессовании древесины является деформация разрушения.

Необходимость учета элементов разрушения при расчете деформативного поведения материалов (по реологической модели) отмечалась различными исследователями. Прочность спрессованной на 50 % в радиальном направлении древесины сосны после распрессовки снижается на 20–30 % исходной. Логично предположить, что, придав древесине пластичность и деформируя ее при малых нагрузках с небольшой скоростью, составляющую разрушения можно свести к

минимуму. Критерием эффективности может служить приведенный показатель прочностных свойств древесины, например, твердость или предел прочности при сжатии. Следует отметить, что применяющийся в настоящее время для характеристики эффективности процесса модификации коэффициент качества является некорректным, так как при этом сравниваются приведенные показатели свойств натуральной и модифицированной древесины при различной влажности. Влажность натуральной древесины берется 12 или 15 %, а модифицированной 4–6 %, в то время как изменение влажности на 1 % изменяет прочность на 5–6 %. Если мы приведем показатели прочности натуральной и модифицированной древесины к одной влажности, то коэффициент качества всегда будет менее 1.

Для предела прочности при сжатии вдоль волокон это иллюстрируется рис. 5. Значения предела прочности для натуральной древесины разных пород и разной плотности взяты из литературных данных и пересчитаны для влажности 5 %, также как и для модифицированной древесины. Анализ зависимостей, приведенных на рис. 5, показывает, что уплотнение до плотности свыше 1200 кг/м³ ведет к непропорциональному росту предела прочности, что связано с увеличением микро-разрушений.

Следует отметить, что при одной и той же конечной плотности предел прочности зависит от начальной плотности древесины: чем ниже начальная плотность, тем ниже предел прочности. Это связано с тем, что для уплотнения древесины с малой начальной плотностью (400–500 кг/м³) требуется большая степень уплотнения 60–65 %, при этом

деформации разрушения проявляются больше, чем при уплотнении на 30–35 %. Поэтому древесину низкой плотности целесообразно уплотнять до величины не выше 1000 кг/м³, ограничивая степень уплотнения (50–55 %).

Выводы

1. Пластификация карбамидом в 2–3 раза снижает жесткость древесины, что создает предпосылки для бездефектного прессования древесины.

2. Полученные количественные значения реологических коэффициентов позволяют разработать реологическое уравнение уплотнения древесины до плотности древесинного вещества.

Библиографический список

1. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения / Б.Н. Уголев. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 360с.
2. Иванов, Ю.М. О деформациях и напряжениях в древесине как неоднородном материале / Ю.М. Иванов. – Тр. института леса АН СССР, т.4, 1949. – С. 195–200.
3. Хухрянский, П.Н. Прессование древесины / П.Н. Хухрянский. – М.: Лесная промышленность, 1964. – 351с.
4. Огарков, Б.И. Теория упругого последствия древесины / Б.И. Огарков. – ЖТФ, т.27, № 5, 1957 – С. 1181–1120.
5. Роценс, К.А. Технологическое регулирование свойств древесины / К.А. Роценс. – Рига: Знание, 1979. – 220с.
6. Шамаев, В.А. Влияние пропитки мочевиной на деформативные показатели древесины березы / В.А. Шамаев, Г.К. Гаврилов. – мат. конф. «Проблемы комплексного использования древесного сырья», Рига: Знание, 1984. – с.165-169.
7. Kollman F. Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffes. 2. Neu bearbeitete und erweiterte Aufgabe, 1 Band// Berlin: Springer-Verlag, 1951. – 901p.

О ЗАДАЧАХ И ПУТЯХ РАЗВИТИЯ ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ В РОССИИ

В.А. КОНДРАТЮК, *проф., ген. директор ФГУП «ГНЦ ЛПК»*, *д-р экон. наук*,
В.А. КОСАРЕВ, *доц., зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК»*, *канд. техн. наук*

gnclpk@mail.ru

В России издавна строили деревянные дома. В северной части страны в лесоизбыточных районах – бревенчатые, в малолесных – чаще каркасного типа с применением различного рода утеплителей и обшивочных материалов.

В сельской лесной местности строили почти исключительно бревенчатые дома, оптимально приспособленные для удобного проживания и ведения домашнего хозяйства. Под одной крышей размещались отапливаемые жилые помещения и неотапливаемые хозяйственные – скотный двор, кладовые, сеновал и другие. Эти бревенчатые дома строились способом ручной рубки, практически без использования металлических крепежных элементов. Как правило, бревенчатые дома строились с вместительным чердачным помещением, позволяющим лучше сберечь тепло жилой части дома в холодное время года. Кровля домов также изготавливалась из материалов местного производства: дранки из качественной еловой древесины, досок хвойных пород, соломы или других подобных материалов растительного происхождения. Вместо возведения фундамента чаще применялись способы строительства домов на подложенные под углы и перерубы дома валуны или, на увлажненных землях и в болотистых местах, на сваях из массивных хвойных бревен.

Если в деревнях бревенчатые жилые дома изготавливались в основном одноэтажными, то в городах часто строились двухэтажными многоквартирными. Кроме того, многоэтажные бревенчатые дома возводились для общественных целей: школы, различные местные учреждения.

Бревенчатые дома считаются традиционно русским видом деревянного домостроения. Однако из-за высокой трудоемкости и большого объема тяжелого малопроизводительного ручного труда строительство бре-

венчатых домов в последнее время практически не ведется.

Анализ применяемых технологий деревянного малоэтажного домостроения

Деревянное домостроение является одним из наиболее эффективных видов индивидуального жилищного строительства. В настоящее время оно является во многих странах мира приоритетным. Перспективность такого домостроения обуславливается усилением значения экономических, экологических и социальных факторов, а также тем, что древесина является возобновляемым экологически чистым местным дешевым сырьем.

К преимуществам деревянного домостроения также следует отнести:

- короткие сроки изготовления и строительства домов;
- использование древесины в качестве строительного материала оказывает положительное воздействие на экологию, климат и человека;
- строительство из древесины способствует решению задачи обеспечения жильем различных категорий граждан, сохранению культурного наследия и традиций.

Однако в настоящее время в России деревянное домостроение в общем объеме индивидуального жилищного строительства, по информации Госкомстата, занимает только около 10 %. Участникам рынка ситуация впрочем видится несколько привлекательнее – 12–15 %, но и это далеко не соответствует возможностям и потребностям такого строительства.

В современном деревянном домостроении в мире используются 3 основные технологии строительства малоэтажных деревянных домов (рисунок): домостроение из массивной древесины; строительство каркасных домов; строительство панельных домов

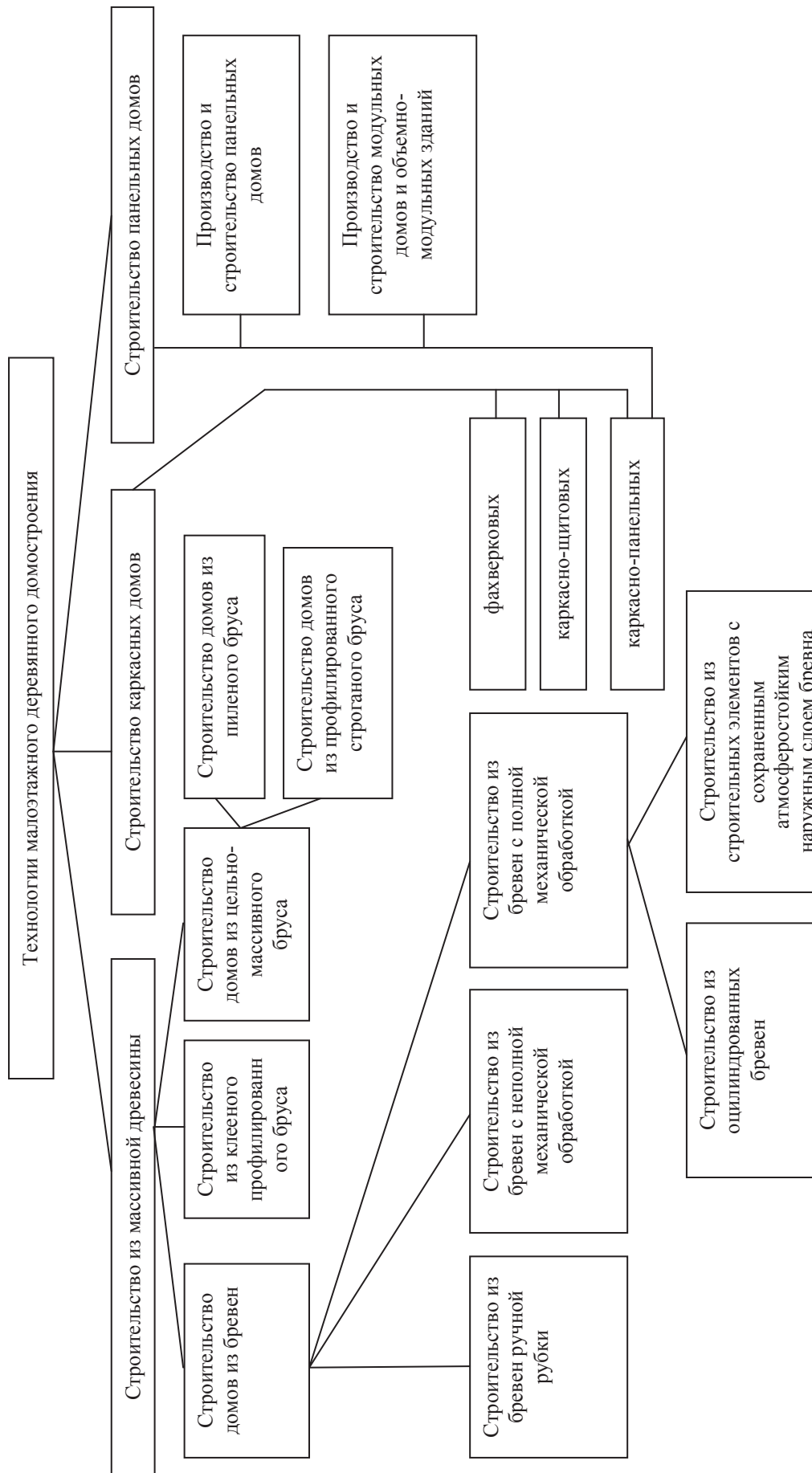


Рисунок. Классификация технологий малоэтажного деревянного домостроения (по конструктивно-технологическим признакам)

(в т.ч. каркасно-панельных домов и объемно-модульных зданий).

Домостроение из массивной древесины

К домостроению из массивной древесины относится строительство из бревен и бруса, преимущественно хвойных пород древесины.

Домостроение из бревен

В строительстве бревенчатых домов используют в качестве основного конструкционного материала 3 вида строительных бревен:

- бревна ручной рубки (традиционный и привычный для россиян тип деревянных домов);

- бревна с неполной механической обработкой. Это в основном бревна с фрезерованной или выпиленной чашкой для угловых соединений бревен в срубе дома (остальная обработка произведена ручными инструментами);

- бревна оцилиндрованные (как правило, с полной механической обработкой – пропазованные с выполненными чашками и другими присадочными обработками для всех соединений бревен в конструкции сруба).

Дома из бревен ручной рубки характеризуются тем, что весь процесс обработки строительных бревен выполняется с помощью ручных инструментов – начиная с окорки и заканчивая выполнением всех присадочных обработок.

Дома из бревен с неполной механической обработкой характеризуются тем, что часть процесса механической обработки строительных бревен, как правило наиболее тяжелая и трудоемкая, выполняется с помощью специализированного ручного электроинструмента – цепной электро– или бензomotorной пилы, электрофрезера.

Оба данных вида обработки строительных бревен осуществляются непосредственно на строительной площадке.

Дома из оцилиндрованных бревен строятся обычно из строительных элементов с полной механической обработкой – оцилиндрованных, пропазованных и с фрезерованными чашками, выполняемой в производственных условиях, что позволяет существенно ускорить процесс сборки дома.

Все 3 вида домов требуют тщательного уплотнения всех соединений, что выполняется с помощью прокладывания и последующего, после осадки дома, «пробивания» материала утеплителя: джута, пакли.

Домостроение из бруса

В период 30–50-х годов прошлого века в деревянном домостроении стал преобладать способ возведения домов из бруса. Особенно это проявилось в лесных районах страны.

Наиболее простой вариант – строительство из пиленого бруса с прямоугольным поперечным сечением. Брус для этого использовался нестроганный, без сушки, чаще сечением 150 × 150 мм. Дома из такого бруса строились с простыми соединениями, что позволяло значительно снижать трудоемкость всех работ. В стенах между брусками прокладывался слой теплоизолирующего материала, который после технологической выдержки (необходимой для завершения процесса естественной усадки сруба) подлежал пробивке (уплотнению).

Однако простота строительства домов из указанного бруса отрицательно сказывается на их эксплуатационных показателях и долговечности, теплофизических показателях, комфортности проживания в них до комплексного капитального ремонта.

Разновидностью брусового дома является дом из двухкантного бруса (лафета), так называемый «норвежский дом». Брус выпиливается из бревен большого диаметра и в стену дома укладывается в вертикальной плоскости, что позволяет оптимально формировать площади помещений дома. Такая конструкция дома занимает промежуточное положение между бревенчатым домом ручной рубки и обычным брусовым домом.

В настоящее время в строительстве брусковых домов основным конструкционным материалом является профилированный строганный четырехкантный брус: цельномассивный и клееный. Фрезеруемая пазогребневая система на данном конструкционном бруске не унифицирована и у разных производителей отличается очень сильно и по числу фрезеруемых пазов и гребней, и по их размерам и профилю. От глубины пазов фрезерованных

профилей прямо зависит и величина коэффициента полезного использования древесины.

Следует отметить, что в настоящее время в России цельномассивный брус в отличие от клееного подвергается механообработке в основном без сушки, то есть с естественной влажностью, величина которой обычно превышает 30 %. В таком виде он поступает и на стройку, следствием чего являются его последующее сильное растрескивание и наличие коробления в конструкции дома.

Сборка конструкций дома здесь производится с использованием прокладочных теплоизоляционных материалов или без таковых.

Строительство каркасных домов

Прообразом современных каркасных домов явились фахверковые дома Западной Европы. Их основное отличие – редко расположенный несущий каркас, который может быть заполнен любым материалом, в том числе и кирпичом, и может быть, к примеру, полностью застеклен. Позднее эти технологии строительства получили общее название «стоечно-балочные».

Несущей конструкцией в домах, построенных по каркасной технологии, которую также называют «канадской», является каркас. Он изготавливается из прочной древесины, обработанной антипиреновыми и антисептическими составами.

Основная специфика каркасного дома – разделение функций несущей и ограждающей конструкций. Несущие конструкции выполняет каркас, ограждающие – утеплитель в комбинации с ветро-, гидро- и парозащитными материалами, внутренней и наружной обшивкой. Внутри этого «пирога» прокладываются инженерные коммуникации

Кровля, наружные стены, полы и перекрытия современных каркасных домов обшиваются ориентированно-стружечной плитой OSB толщиной 9–16 мм или влагостойкой фанерой. Внутреннее пространство стен и перекрытий заполняется любым утеплителем (различная волокнистая теплоизоляция, мягкие древесноволокнистые плиты, эковата, экструдированный пенополистирол) по выбору заказчика. Толщина стены (панели + утеплитель) – составляет в

среднем 150–250 мм. Внутренняя часть стены обивается OSB, цементно-стружечной плитой (ЦСП) или гипсокартоном.

В строительстве каркасного дома используются любые виды внешней (сайдинг, окраска, обшивочная деревянная доска, фасадная штукатурка, искусственный камень, кирпич) и внутренней отделки (краска, обои, панели), разные кровельные системы. Отдельные компании для обшивки каркаса вместо OSB используют ДВП или ЦСП, однако качество такого дома будет ниже. Основное отличие каркасных домов разных производителей заключается в типе утеплителя и в его объеме.

В строительной лексике также встречается понятие «щитовые дома», которое является в большинстве случаев синонимом термина «каркасно-панельные дома». Это означает, что под щитовым домом может пониматься дом, построенный как по панельной, так и по каркасной технологии.

Строительство панельных домов

Чисто панельные дома монтируются из отдельных деревянных панелей, изготавливаемых в заводских условиях на высокоавтоматизированных технологических линиях. Панели изготавливаются по разным технологиям (панели клееные, сбитые гвоздями и каркасного типа с теплоизоляционным наполнителем) и характеризуются своими размерами по толщине и по площади. Монтаж панельного дома производится непосредственно на стройплощадке на подготовленном фундаменте.

Разделение каркасной и панельной технологий является традиционным для российского рынка деревянного домостроения. Напротив, в США например, рассматривается объединенная технология каркасно-панельного строительства. Часто этот термин перенимается российскими строителями, что вызывает путаницу в понятиях. Основное отличие каркасной технологии от панельной заключается в степени заводской готовности комплекта: по каркасной технологии каркас здания возводится непосредственно на месте строительства и там же обшивается плитами, в то время как панели собираются на заводе и требуют меньше времени на установку на месте строительства.

Особое место среди технологий панельного деревянного домостроения занимает производство и строительство модульных домов и объемно-модульных зданий. Их отличительная особенность состоит в использовании систем принудительной вентиляции с теплообменом в рекуператорах удаляемого и входящего воздуха. Каждый модуль имеет жесткий деревянный каркас, различное количество перегородок и при блокировке позволяет получить большие помещения. Модули имеют чистовую отделку, смонтированное инженерное оснащение и сети, соединяемые при монтаже муфтами, что позволяет существенно сократить объемы работ на строительной площадке. В месте застройки проводят лишь укрупнительную сборку на готовых фундаментах и подключение инженерного оборудования к заранее подведенным коммуникациям. В дальнейшей работе над развитием деревянного домостроения, по разработке и совершенствованию его технологий в настоящее время преобладающим направлением в мировом развитии деревянного домостроения является индустриализация производства и строительства деревянных домов. Здесь развитие идет тремя основными методами:

1. Основной объем работ осуществляется на строительной площадке – строительство по системе «открытая платформа».

2. Значительный объем работ выполняется на производстве – изготовление домокомплектов деталей различной степени технологической готовности.

3. Основной объем работ осуществляется в заводских условиях. Это крупнопанельное и модульное домостроение.

В России находит сегодня быстрое распространение второй метод развития, когда в условиях деревообрабатывающего производства (с различной степенью специализации по домостроению) изготавливаются комплекты заготовок и деталей для строительства и последующей реализации через торговлю и строительные фирмы заказываемых домов.

К результатам анализа технологий деревянного домостроения

Рассматривая состояние российского рынка деревянного домостроения, находим

применение всех рассмотренных выше технологий. То же можно сказать и о мировом рынке домостроения.

Приоритет тех или иных технологий домостроения на рынке определяется их конкурентоспособностью, которая зависит от ряда факторов:

- экономические возможности заказчиков;
- функциональное назначение возводимого строения;
- сырьевые возможности региона по развитию деревянного домостроения;
- тенденции развития деревянного домостроения;
- исторические и национальные традиции строительства жилья;
- уровень индустриализации производства и строительства домов;
- теплофизические характеристики дома;
- надежность и долговечность дома, его ремонтпригодность;
- качество и уровень сервиса строительства домов;
- интенсивность и грамотность рекламы определенных типов деревянных домов, предоставление возможности показа предлагаемых домов заказчикам и консультирование последних;
- архитектурное оформление и инженерное оснащение дома, уровень комфортности проживания в доме;
- уровень экологичности дома, отсутствие в нем экологически небезопасных материалов.

Последний из названных факторов в последнее время часто выходит на первое место при принятии заказчиком решения о строительстве дома.

Строго рассуждая, условиям полной экологичности жилья удовлетворяют только дома, построенные из бревен и цельномассивного бруса. В таких домах обеспечивается так называемое «дыхание» дерева и полное отсутствие неблагоприятных для здоровья материалов. В остальных типах деревянных домов присутствуют в большей или меньшей степени синтетические материалы – пласт-

массы, клеи и обработанные с их применением природные материалы.

Все рассмотренные выше технологии ориентированы на использование только качественной хвойной древесины. Однако при рассмотрении в целом вопросов деревянного домостроения нельзя обойти вниманием существующую системную проблему лесопромышленного комплекса, заключающуюся в недоиспользовании лесных ресурсов, в том числе лесоматериалов невысокого качества.

Отсюда вытекает задача разработки технологии производства строительных материалов для деревянного домостроения с использованием мягколиственной древесины.

Мягколиственные породы древесины – береза, осина, ольха и другие – составляют около половины лесфонда страны. Эти породы имеют специфику в том, что древесина легко обрабатывается, имеет невысокую плотность, в состоянии повышенной влажности легко повреждается насекомыми и грибами, а деревья часто растут с искривлениями стволов. Заготавливаемые в небольших объемах лесоматериалы данных пород находят ограниченное применение – это использование для выработки строганой и клееной фанеры, различных заготовок для последующего производства мебели, лыж и других товаров широкого потребления. Большая часть этой древесины остается в лесу, затрудняя ведение лесного хозяйства и лесоразработок.

Несмотря на указанные недостатки, древесина мягколиственных пород должна быть максимально вовлечена в хозяйственный оборот с выработкой из нее высоколиквидной продукции – паркета, столярно-строительных изделий, мебели, домов и т.п.

ФГУП «ГНЦ ЛПК» совместно с ООО «КБ Крапухина», ОАО «Сенежская научно-производственная лаборатория защиты древесины», при выполнении других текущих работ параллельно длительное время осуществляет мониторинг поведения материалов и изделий из лиственной древесины при воздействии переменных температурно-влажностных условий (в атмосферных условиях): формоустойчивость (величины появляющихся коробления и крыловатости), целостность (отсутствие рас-

трескивания), изменение линейных размеров, срок службы и т.п. Выявлено:

- при обеспечении начальной влажности древесины после искусственной сушки не выше 10–12 % изделия длительное время сохраняют форму и размеры, однако целостность изделий нарушается в виде появления различных трещин;

- после сушки и относительно легкой термомодификации материалы из мягколиственной древесины еще более упрочняются (твердость и жесткость строительных элементов увеличиваются в разы) и менее подвержены влиянию колебаний величин влажности и температуры.

Вовлечение в хозяйственный оборот вышеуказанных материалов лиственных пород древесины позволит в широких масштабах организовать производство конкурентоспособной продукции, значительно улучшить экологическую обстановку в лесных местностях, создать дополнительные рабочие места.

Применение лиственной древесины в производстве продукции, где традиционно использовалась только хвойная древесина, например, в деревянном домостроении, позволит получить значительный технико-экономический эффект. Так к примеру, при строительстве в год 10 тыс. домов площадью 150 м² каждый (1 % потребного объема годового ввода жилья в эксплуатацию) и расходе этого бруса 0,5 м³/м² жилой площади дома вовлекается в производство, с учетом образующихся отходов, около 2 млн м³ маловостребованной низкокачественной лиственной древесины – березы, осины, ольхи – взамен дефицитной строевой хвойной древесины. При этом стоимость 1 м² домов из данного бруса составит не более 18 тыс. руб. в сравнении со стоимостью 20–22 тыс. руб. аналогичных домов из других традиционных древесных материалов. К тому же разрабатываемая технология позволяет производить деревянные дома заводской готовности.

Реальная возможность для этого существует. Практика показывает, что хорошо высушенная древесина лиственных пород, в том числе и мягколиственных, в условиях исключения воздействия на нее высокой влажности, сохраняет неограниченно формо-

устойчивость и высокие показатели физико-механических свойств: твердость, плотность, прочность и другие.

Данная работа должна быть направлена на рациональное использование возобновляемых лесных ресурсов с параллельным решением задач улучшения структуры и качества лесного фонда страны за счет увеличения в нем доли более ценного сырья.

Другой задачей по развитию и совершенствованию технологий деревянного домостроения является разработка технологии индустриального производства и строительства бревенчатых домов с повышенными теплофизическими характеристиками

При строительстве деревянных домов из круглых лесоматериалов (бревен), которое является самой применяемой технологией в России, важно сохранить мелкослойную заболонную древесину – периферийный слой материала, характеризующийся высокой плотностью и, у хвойных пород, повышенной смолистостью. Такая древесина обладает высокими потребительскими свойствами: повышенной биостойкостью, пониженной намокаемостью и через это более высокой долговечностью при эксплуатации в атмосферных условиях.

ФГУП «ГНЦ ЛПК», являясь ведущим технологическим научно-исследовательским

центром лесопромышленного комплекса, ведет большую работу по разработке и совершенствованию технологий деревянного домостроения. В настоящее время выполняется госконтракт «Разработка инновационной технологии ресурсосберегающей механической обработки деталей быстросборных деревянных домов с повышенными теплофизическими характеристиками и создание экспериментальной установки». В результате будет разработана инновационная технология индустриального производства домокомплектов деталей из строительных бревен с сохранением атмосферостойкого наружного слоя, что позволит повысить теплофизические характеристики и срок службы деревянных домов и добиться увеличения на 20–30 % в сравнении с другими распространенными технологиями коэффициента полезного использования древесины.

Библиографический список

1. Косарев, В.А. Материалы для применения в строительстве домов каркасно-панельной конструкции / В.А. Косарев // Все материалы. Энциклопедический справочник. – № 6. – 2009. – С. 41–45.
2. Николаев, В.Г. Деревянные дома России / В.Г. Николаев // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – № 12. – 2007. – С. 42–43.
3. Варфоломеев, А.Ю. Влияние изменений в лесосырьевой базе и потребительском спросе на деревянное домостроение / А.Ю. Варфоломеев // Деревянные конструкции. – № 1. – 2001. – С. 27–30.

ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА СВЧ СУШКИ И ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТАНОВКИ СУШКИ БРЕВЕН И БРУСА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ДОМОСТРОЕНИЯ

В.А. КОНДРАТЮК, *проф.*, *ген. директор ФГУП «ГНЦ ЛПК»*, *д-р экон. наук*,

В.А. ШАМАЕВ, *проф. каф. древесиноведения ВГЛТА*, *д-р техн. наук*,

В.М. ЩЕЛОКОВ, *зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК»*

И.В. ВОСКОВОЙНИКОВ, *зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК» по науке*, *д-р техн. наук*

gncplk@mail.ru

Для быстрой и качественной сушки бревен для деревянного домостроения Государственным научным центром лесопромышленного комплекса и Воронежской государственной лесотехнической академии разработан способ сушки пиломатериалов из древесины трудносохнущих пород (дуб, мореный дуб и

др.) с применением СВЧ. Применение электромагнитной энергии сверхвысокой частоты (ЭМЭ СВЧ) для быстрой и качественной сушки бревен, применяемых для деревянного домостроения, имеет хорошие перспективы благодаря следующим особенностям взаимодействия ЭМЭ СВЧ с влажной древесиной.

Глубина проникновения ЭМЭ СВЧ в древесину может быть достаточно большой, что позволяет равномерно прогреть древесину на всю глубину. Поглощение ЭМЭ СВЧ водой намного больше, чем древесинным веществом, что позволяет сильнее нагреть воду внутри древесины, чем само древесинное вещество. Возможно получение направленных потоков ЭМЭ СВЧ, что позволяет создавать локальный нагрев бревна и перемещать его по длине бревна [1]. Нагрев бревен ЭМЭ СВЧ хорошо сочетается с локальным неглубоким вакуумом, создаваемым у торцов бревен.

Способ сушки бревен (бруса) для целей домостроения, включающий в себя укладку бревен (бруса) в виде узкого высокого штабеля на металлическую тележку, размещаемую в центре сушильной камеры, и облучение этого штабеля с двух сторон электромагнитной энергией СВЧ (ЭМЭ СВЧ), отличающийся тем, что штабель укрывается с боков и сверху радиопрозрачным влагонепроницаемым материалом, например, полиэтиленом, торцы бревен (бруса) остаются открытыми; нагрев штабеля производится сильнее в центре штабеля и слабее у торцов бревен (бруса), то есть создается максимально возможный градиент температуры между центром и торцами бревен (бруса);

постепенно высокая температура от центров бревен (бруса) перемещается к торцам, а источники ЭМЭ СВЧ в центре постепенно выключаются; дополнительно у торцов бревен (бруса) импульсами создается локальный неглубокий вакуум (пониженное давление), увеличивающий значение градиента давления между серединой бревна (бруса) и торцом бревна (бруса) и тем самым ускоряющий выход воды и пара из бревна (бруса); вода и пар выгоняются из бревен (бруса) только через торцы бревен (бруса) и через открытые части радиопрозрачной влагонепроницаемой упаковки штабеля; в радиальном направлении бревна (брус) прогреваются равномерно на каждом участке штабеля, под радиопрозрачной влагонепроницаемой упаковкой создается насыщенный пар, то есть градиенты температуры, давления и влажности в радиальном направлении на каждом участке длины штабеля будут близки к нулю.

Предлагается следующая новая установка СВЧ сушки бревен и бруса для целей домостроения.

Установка СВЧ сушки бревен (бруса) для целей домостроения, включающая металлическую рабочую камеру, металлическую тележку, размещаемую в центре рабочей ка-

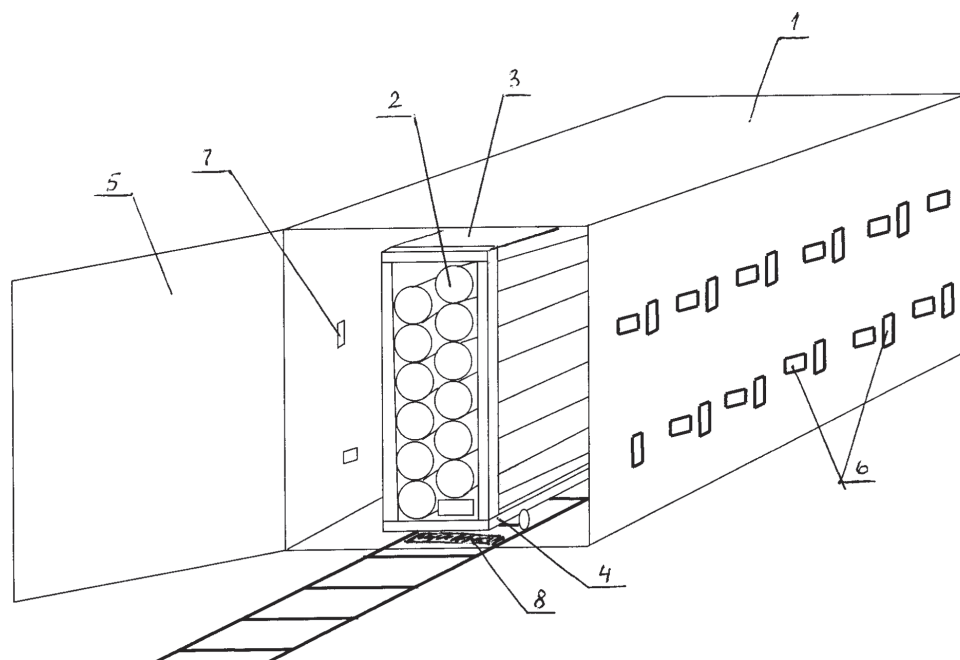


Рис. 1. Общие вид установки СВЧ сушки бревен (бруса) для целей домостроения: 1 – рабочая камера, 2 – торец бревна, 3 – радиопрозрачное влагонепроницаемое покрытие, 4 – тележка, 5 – дверь камеры, 6 – источники ЭМЭ СВЧ, 7 – выходы ЭМЭ СВЧ

меры, источники электромагнитной энергии, размещаемые на двух боковых стенках рабочей камеры, отличающаяся тем, что используется радиопрозрачный влагонепроницаемый материал для плотного укрытия штабеля бревен (бруса) сверху и с боков при открытых торцах бревен (бруса); источники ЭМЭ СВЧ располагаются неравномерно по длине штабеля: их плотность больше посередине длины штабеля и постепенно уменьшается к торцам бревен (бруса); система управления позволяет в начале процесса сушки создавать наибольшую температуру в центре бревен (бруса), а затем передвигать эту наибольшую температуру в обе стороны от центра бревна (бруса) к торцам); внизу рабочей камеры расположены стоки для воды, выгоняемой из бревен (бруса) через торцы. Общий вид установки СВЧ сушки бревен (бруса) для целей домостроения показан на рисунке 1.

В установке СВЧВ сушки дополнительно импульсно-вакуумные насосы создают локальный неглубокий вакуум у торцов бревен (бруса).

Ниже приводится расчет основных показателей работы установки: времени сушки сосновых оцилиндрованных бревен длиной 6 м и диаметром 25 см от начальной влажности 100 % до конечной влажности 15 %. Начальная влажность 100 % соответствует свежеспеленному дереву, а конечная влажность 15 % соответствует равновесной влажности бревна, находящегося летом на открытом воздухе в средней полосе России. Для деревянного домостроения высушенное до влажности 15 % бревно помещают на некоторое время в водный раствор антисептика. После этого бревно готово к строительству деревянного дома.

При сушке бревна до влажности 15 % из него будет удаляться только свободная и капиллярно конденсированная влага. Для удаления такой влаги используем анизотропию влагопроводности бревна по длине и по радиусу. В СВЧ и в СВЧВ сушильной установках создадим наибольшую температуру в центре бревна, постепенно понижаемую к торцам бревна. В СВЧВ сушильной установке дополнительно будем понижать давление воздуха у торцов бревна. Следовательно, от

центра бревна к его торцам будут созданы градиенты температуры и давления.

Так как бревно в радиальном направлении прогревается ЭМЭ СВЧ на всю глубину равномерно, а у поверхности бревна создается насыщенный пар, то по радиусу на каждом участке длины бревна нет градиента температуры и влажности.

Бревно вдоль его длины представляется как совокупность большого количества капилляров, по которым может перемещаться влага, диаметр капилляров при нагревании бревна ЭМЭ СВЧ до не очень высоких температур (ниже 100 °С) не меняется, следовательно, объем единицы длины капилляра остается постоянным, а давление возрастает прямо пропорционально температуре. Для определения разности давлений на середине бревна и на концах бревна закон Гей-Люссака: давление данной массы жидкости (газа) при постоянном объеме изменяется линейно с температурой

$$p = p_0 \times \alpha T, \text{ при } V = \text{const}, m = \text{const}, \quad (1)$$

где p_0 – давление жидкости (газа) при $T = 273,15 \text{ К}$;

T – термодинамическая температура;

$\alpha = 1/273,15 \text{ К}^{-1}$; $p_0 = 10^5 \text{ Па}$.

Пусть при $T = 293,15 \text{ К}$ $p_1 = p_0 \cdot \alpha \cdot 293,15$; при $T = 353,15 \text{ К}$ $p_2 = p_0 \cdot \alpha \cdot 353,15$.

Тогда

$$\Delta p = p_2 - p_1 = 0,2 \cdot 10^5 \text{ Па}. \quad (2)$$

Вязкость η чистой воды при $T = 273,15 \text{ К}$ примерно равна $\eta = 0,002 \text{ Па}\cdot\text{с}$. Вязкость η воды в древесине для проведения приближенных расчетов будем считать на порядок больше, учитывая, что она представляет собой раствор многих веществ, а также то, что капиллярно-конденсированная вода выходит из древесины труднее, чем свободная вода.

Расчет времени сушки ЭМЭ СВЧ сосновых оцилиндрованных бревен от начальной влажности $W_n = 100 \%$ до конечной влажности $W_k = 15 \%$ для следующих исходных данных:

- длина капилляра (половина бревна) $l = 3 \text{ м}$;
- радиус бревна $R = 12,5 \text{ см}$;
- средний радиус капилляра $r = 0,04 \text{ мм}$;

Основные характеристики установки СВЧ сушки бревен и бруса для целей домостроения

Название характеристики	Значение характеристики
Размер заготовок – оцилиндрованное сосновое бревно – брус	диаметр 250 мм, длина 6 м 200×200 мм, длина 6 м
Частота СВЧ, МГц	2450
Потребляемая мощность, кВт	26
Количество СВЧ генераторов	44
Габариты установки, мм	7000×1800×2000
Масса установки, кг	900
Затраты электроэнергии на сушку м ³ бревен, кВт·ч	30
Объем бревен, высушиваемых за год, м ³	2600
Стоимость установки, тыс. руб.	600
Объем загрузки, м ³	3,5

– разность давлений на краях капилляра $\Delta p = 0,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$;

– вязкость воды в древесине $\eta = 2 \cdot 10^{-2} \text{ Па}\cdot\text{с}$;

– пористость соснового бревна $\Pi = 69 \%$.

Расчет количества воды, которое нужно удалить из половины бревна

$$W = 100 \% = 100(m_n - m_o) / m_o, \quad (3)$$

$$W_k = 15 \% = 100(m_k - m_o) / m_o, \quad (4)$$

где W_n и W_k – соответственно начальная и конечная влажность образца;

m_n , m_k и m_o – соответственно начальная, конечная массы и масса абсолютно сухой древесины образца.

Для сосны берем $m_o = 470 \text{ кг}$ для образца объемом 1 м^3 .

Тогда $m_n = 2m_o$, $m_k = 1,15m_o = 399,5 \text{ кг}$.

Объем половины бревна $V_o = \pi R_o^2 \cdot l = 0,147 \text{ м}^3$.

Из половины бревна нужно удалить следующую массу воды

$$m_{в.б.} = (m_n - m_k) / 1 \times V_o = 58,7 \text{ кг}. \quad (5)$$

По закону Пуазейля через 1 капилляр за $\Delta t = 1 \text{ с}$ из половины бревна вытечет следующий объем воды

$$V_{в.к.} = (\pi r^4 \times \Delta p \times \Delta t) / 8 \eta l = 3,35 \cdot 10^{-13} \text{ м}^3. \quad (6)$$

Площадь торца бревна $S_o = \pi R_o^2 = 0,049 \text{ м}^2$.

Пористость

$$\Pi = (1 - \rho_o / \rho_{д.в.}) 100 \%, \quad (7)$$

где ρ_o – плотность абсолютно сухой древесины, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$\rho_{д.в.}$ – плотность древесинного вещества, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Для сосны $\rho_o = 470 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\rho_{д.в.} = 1530 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\Pi = 69 \%$.

Площадь капилляра $S_k = \pi r^2 = 50,24 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2$.

Количество капилляров будет равно

$$N_k = \Pi S_o / S_k = 6,76 \cdot 10^6. \quad (8)$$

За $\Delta t = 1 \text{ с}$ через торец бревна вытечет следующий объем воды

$$V_{в.к.} = N_k V_{в.к.} = 22,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3, \quad (9)$$

Следовательно, за $\Delta t = 1 \text{ с}$ через торец бревна вытечет следующая масса воды $m_{в.к.} = 22,5 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$.

Следовательно, бревно будет высушено за

$$t_c = m_{в.б.} / m_{в.к.} = 2,6 \cdot 10^4 \text{ с} = 7,2 \text{ часа}. \quad (10)$$

Это очень высокая скорость сушки, рассчитанная даже без учета увеличения разности давления Δp между серединой бревна и его торцом за счет создания локального неглубокого вакуума у торца бревна. Увеличение Δp в два раза позволит уменьшить время сушки до 3,6 часа, что представляется вполне реальным. Однако для уточнения реального значения времени СВЧ сушки и СВЧВ сушки оцилиндрованных сосновых бревен для деревянного домостроения необходимо провести экспериментальные исследования.

Расчет затрат электроэнергии на сушку одного кубического метра бревен в предлагаемой установке СВЧ сушки. Максимальное общее число источников ЭМЭ СВЧ 48. Одновременно работают не более 24, причем только 4 из них работают на полной мощности 750 Вт и потребляют 1,1 кВт электроэнергии. Ос-



Рис. 2. Общий вид установки СВЧ-сушки



Рис. 3. Сушильная камера

тальные работают на пониженной мощности, а часть из них постепенно выключается. Для приближенных расчетов положим, что средняя мощность излучения источников состав-

ляет чуть больше половины максимальной и составляет 400 Вт и среднее потребление электроэнергии каждым источником составит 571 Вт. Тогда за 7,2 часа, источники затратят

$$24 \cdot 7,2 \cdot 0,57 \text{ кВт} = 98,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

При этом будет высушено 12 бревен общим объемом $V = 0,294 \text{ м}^3 \times 12 = 3,5 \text{ м}^3$. Следовательно, для сушки 1 м³ бревна от 100 % начальной влажности до 15 % конечной влажности предлагаемая установка СВЧ сушки затратит всего 28 кВт·час электроэнергии. Такие малые затраты электроэнергии можно объяснить только тем, что основная масса воды выходит из бревна (бруса) в жидкой фазе, а не в виде пара. Однако для определения реальных затрат электроэнергии на сушку 1 м³ бревен для целей домостроения

установкой СВЧ сушки необходимо провести экспериментальные сушки в предлагаемой опытной установке.

Основные характеристики предлагаемой установки СВЧ сушки бревен и бруса для целей домостроения представлены в таблице.

Библиографический список

1. Серговский, П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С. Серговский, А.И. Расев. – М.: Лесная пром-сть, 1987. – 360 с.
2. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения / Б.Н. Уголев. – М.: Лесная пром-сть, 1986. – 360 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗМЕРНО-КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕРЕЗОВЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Е.В. КРАВЦОВ, *зав. отд. лесопиления и д/о пром-сти ФГУП «ГНЦ ЛПК», асп. МГУЛ*

kravtsovev@mail.ru

Одним из факторов, определяющих объемный выход заготовок из пиломатериалов, является качество древесины. При этом теоретически объемный выход заготовок можно приблизить к максимальному, если использовать пиломатериалы, соответствующие по качеству заготовок. Но в большинстве случаев пороки, присутствующие в пиломатериалах, не всегда допускаются в заготовках.

В основу показателей, определяющих оценку качества пиломатериалов и заготовок в действующих стандартах, положен принцип отнесения пиломатериалов и заготовок с приблизительно однородными эксплуатационными свойствами к одному сорту.

Однако качественная оценка и посортное деление достаточно сложный процесс. Так, например, количество сучков в пиломатериалах и деталях по ГОСТ 8486-86 определяется одновременно максимальными размерами сучка, количеством сучков на погонный метр, а также в долях ширины пласти и толщины кромки доски или детали. Кроме того, учитываются качество и степень срастания сучка с древесиной.

Во многих странах проводится много исследований по оценке качества древесины, определению и систематизации сортообразу-

ющих пороков, их распространению в древесном сырье и пиломатериалах.

Однако в пиломатериалах почти всегда имеются пороки, не допускаемые в заготовках. Одним из первостепенных сортообразующих пороков как для пиловочного сырья, так и для пиломатериалов являются сучки. Это можно подтвердить, рассматривая проводимые в разное время научные работы как исследовательскими институтами, так и отдельными учеными.

По мнению П.П. Аксенова [1], необходимо было создание единой шкалы оценки качества древесины, как в бревнах, так и в пиломатериалах и заготовках. По этой шкале предполагалось деление древесины на классы, с указанием абсолютных размеров допускаемых пороков. И затем производить раскрой пиломатериалов на заготовки соответствующих классов, тем самым значительно снизить отходы.

В.Ф. Ветшева [3] отмечает, что при теоретическом решении возможен дифференцированный учет пороков. При этом необходимо учитывать, что наиболее встречающимся пороком являются сучки.

Качество пиломатериалов она предлагала оценивать качественным коэффици-

ентом, определяющим количество пороков в определенной зоне доски. При этом при наличии разных качественных зон в доске ее качество определяется по самому низкому коэффициенту качества. Коэффициент качества партии досок рассчитывается как среднее арифметическое, с учетом объема пиломатериалов, полученных из каждой зоны.

Выполненные работы Т.С. Сластенко [8], В.В. Кислым [5] направлены на совершенствование методов оценки качества пиломатериалов, предназначенных для раскроя. В этих работах особое внимание уделяется неоднородности качества по длине пиломатериалов одного сорта. Авторы предлагают неоднородность качества досок учитывать при оценке сортности каждого метрового участка ее длины и суммировании соответствующих значений коэффициента сортности [5]. По их мнению, главным в определении сорта пиломатериалов является размещение пороков древесины по длине доски.

Стоит отметить, что действующая нормативно-техническая документация устанавливает технические требования к пиломатериалам, предназначенным для использования в народном хозяйстве и на экспорт [4].

При этом установленные нормы ограничения пороков по ГОСТ 8486-86 не в полном объеме учитывают влияние пороков на выход заготовок и пиломатериалов. Поэтому при использовании пиломатериалов по ГОСТ 8486-86 для использования, например, деталей столярно-строительных изделий, не обеспечивается постоянный выход заготовок из досок одного сорта. Среди досок 2–4 сортов встречается не более 2–5 % таких, у которых каждый метр длины соответствовал бы одному сорту.

У остальных пиломатериалов по ГОСТ 8486-86 сортность по длине доски распределяется от второго до четвертого. Распределения обрезных сосновых пиломатериалов по наличию в досках участков разной длины с повышенной сортностью показывают, что с понижением сортности неоднородность качества досок по длине возрастает [7].

С точки зрения В.В. Кислого и Т.С. Сластенко, главным в установлении сорта

является размещение пороков древесины по длине доски, поскольку основным критерием оценки качества для обрезных пиломатериалов является выход заготовок одного сорта из необрезных пиломатериалов.

В своей работе А.М. Боровиков [2] утверждает, что для совершенствования производства и использования пилопродукции необходимо отказаться от требований по качеству в функционирующих стандартах на пиломатериалы и заготовки общего назначения. Так как чем меньше список требований по качеству, тем шире будет диапазон пиломатериалов с допускаемыми параметрами. Он предлагает разделить производство пиломатериалов по функциональному назначению:

- облицовочные;
- поделочные;
- конструкционные.

А.М. Боровиков посредством сбора заключений высококвалифицированных специалистов отметил основные свойства пиломатериалов, используемых в различных деревоперерабатывающих производствах.

Так, при производстве столярно-строительных изделий следует применять пиломатериалы с основным критическим признаком – прочностью при поперечном изгибе, с основными признаками – сопротивляемостью образованию сколов и трещин при обработке резанием, прочностью при скалывании вдоль волокон, деформативностью при поперечном изгибе.

По критическим и основным признакам к пиломатериалам для столярно-строительных изделий очень близки пиломатериалы для тары и упаковки. Для них прочность при продольном сжатии переведена из несущественных признаков в основные, несущественные признаки – сопротивляемость резанию, прочность при продольном растяжении и поперечном смятии, деформативность при скалывании вдоль волокон, продольном сжатии и поперечном смятии, сопротивление древесины выдергиванию гвоздей (шурупов).

Изделиям для мебельного производства к критическим признакам необходимо относить сопротивляемость образованию сколов и трещин при механической обработке,



Рис. 1. Фотография доски

прочность при скалывании вдоль волокон и поперечном изгибе, к основным – деформативность при поперечном изгибе и сопротивляемость резанию.

Пиломатериалы для изготовления деталей для корпусной мебели должны характеризоваться двумя критическими признаками: сопротивляемость образованию сколов и трещин при механической обработке и прочностью при поперечном смятии, тремя основными: сопротивляемостью резанию, прочностью при скалывании, толщиной, а также восемь несущественными: соответствием размеров номинальным шириной, длиной, правильностью формы поперечного сечения,

способностью к склеиванию, отсутствием пустот, нарушающих связи между волокнами древесины в поперечном направлении, деформативностью при поперечном смятии, способностью удерживать лакокрасочные покрытия.

Пиломатериалы для производства деталей для мягкой мебели, как и пиломатериалы для изготовления деталей для корпусной мебели, также должны характеризоваться двумя критическими и тремя основными признаками. Однако к критическим следует отнести прочность при изгибе и сопротивляемость образованию сколов и трещин при механической обработке, а к основным – прочность при скалывании вдоль волокон и продольном сжатии, деформативность при поперечном изгибе. Несущественные свойства – деформативность при продольном сжатии, прочность при продольном растяжении и скалывании вдоль волокон, износостойкость, соответствие размеров номинальным, сопротивление древесины выдергиванию гвоздей (шурупов), сопротивляемость механической обработке.

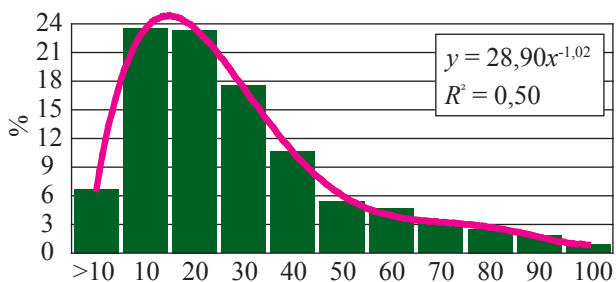


Рис. 2. Гистограмма распределения сучков по диаметрам в исследуемой партии пиломатериалов, %

Пиломатериалы для изготовления деталей для решетчатой мебели характеризуются критическим признаком – прочностью при изгибе, а два других (прочность при скалывании и сопротивляемость образованию сколов и трещин) переведены в категорию основных. Несущественные свойства – сопротивляемость резанию, деформативность при изгибе, прочность при сжатии и способность к склеиванию.

Для практического изучения размерно-качественных характеристик березовых пиломатериалов экспериментальные работы по определению объемного выхода заготовок из необрезных березовых пиломатериалов проводились в ООО «Лесопромышленная компания «НАВЛЯ» Брянской области, Навлинского района, п. Клюковники.

Круглые лесоматериалы, распиленные ленточнопильным станком «SERRA Bavaria» на необрезные пиломатериалы, подавались на специально отведенный участок, где проводились измерения их размерно-качественных характеристик. Объем выборки составил 160 березовых необрезных досок, длиной 3 м.

В процессе проведения эксперимента каждая доска была сфотографирована во всю длину (рис. 1).

Измерения размерно-качественных характеристик березовых пиломатериалов проводились согласно ГОСТ 2695-83 Пиломатериалы лиственных пород. Технические условия.

При этом измерялись следующие показатели:

– Длина доски (L), см.

– Ширина доски (B), см. (Измеряется в трех местах по длине, от комля. Измерения проводятся по наружной пласти доски: на торцах и в ее середине. Полученные значения округляются до целого числа).

– Измеряемые пороки: сучки пластевые всех видов, червоточина более 3 мм, механические повреждения и пороки обработки (Вписываются в прямоугольник (рис. 2), одна из сторон полученного прямоугольника должна быть параллельна продольной оси доски). Стороны прямоугольника (a) и (b) измеряются в миллиметрах. Координаты описанного

прямоугольника определяются путем измерения наименьшего его расположения от продольной оси доски (h) и нижнего торца доски (l). Координаты пороков, располагающихся слева от продольной оси доски, фиксируются со знаком «Минус», справа – «Плюс».

– Кривизна (если присутствует). Величину стрелы прогиба измеряют по отклонению от прямолинейности сортамента в месте наибольшего искривления и выражают в целых сантиметрах на 1 м длины искривления.

Измерению также подлежат гнили и трещины (по наименьшей толщине вырезки, в которую они могут быть вписаны).

Измеренные координаты пороков необрезных пиломатериалов заносились в специально разработанную программу, позволяющую произвести расчет длин бездефектных участков пиломатериалов, а также их суммарный объем и площадь.

Библиографический список

1. Аксенов, П.П. Теоретические основы раскря пиловочного сырья / П.П. Аксенов. – М.: Гослесбулиздат, 1960. – 216 с.
2. Боровиков, А.М. Составляющие качества пиломатериалов / А.М. Боровиков, В.Н. Лохов. – М.: Механическая обработка древесины, 1983. – Вып. № 10. – 12 с.
3. Ветшева, В.Ф. Теоретические и экспериментальные исследования раскря крупномерных пиловочных бревен хвойных пород Сибири и Дальнего Востока: дисс. ... д-ра техн. наук / В.Ф. Ветшева. – Л.: ЛТА, 1974. – 340 с.
4. ГОСТ 8486-86. Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия. [Текст]. – Введ.01.01.88. – М.: Стандартиформ, 2006. – 13 с.
5. Кислый, В.В. Оценка качества продукции лесной и деревообрабатывающей промышленности / В.В. Кислый. – М.: Лесная пром-сть, 1975. – 224 с.
6. Кислый, В.В. Новый метод оценки качества пиломатериалов. Обзорная информация / В.В. Кислый, Т.С. Сластенко. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1985. – 32 с.
7. Рыкунин, С.Н. Рациональное использование древесного сырья в производстве заготовок: дис. ... д-ра техн. наук / С.Н. Рыкунин. – М.: МЛТИ, 1987. – 366 с.
8. Сластенко, Т.С. Теоретическое и экспериментальное исследование влияния качества пиломатериалов на выход стройдеталей: дис. ... канд. техн. наук / Т.С. Сластенко – М., 1978. – 24 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕЛЬНОМАССИВНОЙ ДОСКИ ПОЛА ИЗ НИЗКОСОРТНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Е.В. КРАВЦОВ, зав. отд. лесопиления и д/о пром-сти ФГУП «ГНЦ ЛПК», асп. МГУЛ

kravtsovev@mail.ru

Рациональное использование лесосырьевых ресурсов является важной задачей, стоящей перед лесозаготовительными предприятиями. Кроме правильного проведения рубок главного пользования и лесовосстановительных рубок существует необходимость эффективного использования низкосортной древесины.

Для эффективного использования низкосортной древесины разработана технология и комплект оборудования для производства столярно-строительных изделий (цельномассивной доски пола (рис. 1), черновой мебельной заготовки, заготовок для столярных щитов и т.п.).

Комплект технологического оборудования включает многопильный станок для продольного раскроя низкосортных круглых лесоматериалов и паркетную линию в составе фрезернопильного станка ФПС-1 [1] (рис. 2) и фрезерно-шлифовального станка мод. ФШС-1 [2] (рис. 3).

На рис. 4 приведена технологическая схема производства цельномассивной доски пола из низкосортной древесины, технология которой заключается в следующем.

Древесина березы на раскрой подается с ориентацией стрелы кривизны в плоскости пиления. Для оптимального ведения производственного процесса пиловочное сырье на раскрой лучше подавать с длиной не более 3 м, для чего предусматривается возможность их дополнительного поперечного раскроя и торцовки. Продольный раскрой производится, как правило, на необрезные пиломатериалы толщиной до 20–28 мм.

Полученные в результате раскроя необрезные пиломатериалы поступают на участок формирования сушильных пакетов.

Высушенные пиломатериалы после технологической выдержки подаются на участок поперечного раскроя (на линию оптимизации) для вырезки участков с недопустимыми дефектами и одновременно для полу-

чения заготовок заданных размеров по длине. Эти заготовки распределяются на группы по следующим признакам:

– группы заготовок по ряду размеров по длине;

– группы заготовок по ряду размеров по ширине, которую возможно получить из необрезной заготовки с минимизацией отходов при последующей продольной обрезке (при получении чистовой заготовки).

Такое распределение позволяет существенно снизить отходы при дальнейшей переработке за счет уменьшения размеров снимаемых боковыми фрезами обзолных кромок.

Каждая группа заготовок поступает на обработку на четырехсторонний продольно-фрезерный деревообрабатывающий станок, который обрабатывает их с получением в результате калиброванных по ширине и толщине брусковых заготовок. Линейные размеры предварительно калиброванных заготовок предусматривают соответствующие минимальные припуски, необходимые для окончательной обработки при формировании нужного поперечного сечения конечной продукции.

Полученные калиброванные по ширине и толщине заготовки далее подаются на двухсторонний шипорезный станок для формирования поперечного паза и гребня. Полученная таким образом заготовка подается в четырехсторонний фрезерно-шлифовальный станок.

Одной из технологических особенностей данного станка является то, что при предварительном и окончательном калибровании позиционирование обрабатываемых заготовок осуществляется по сформированной технологической базе «гребень–паз».

Для упрощения процесса сборки напольного покрытия в гребне цельномассивной доски пола предусмотрены наклонные отверстия с зенковкой под крепежные элементы. Эти отверстия выполняются с помощью ручного

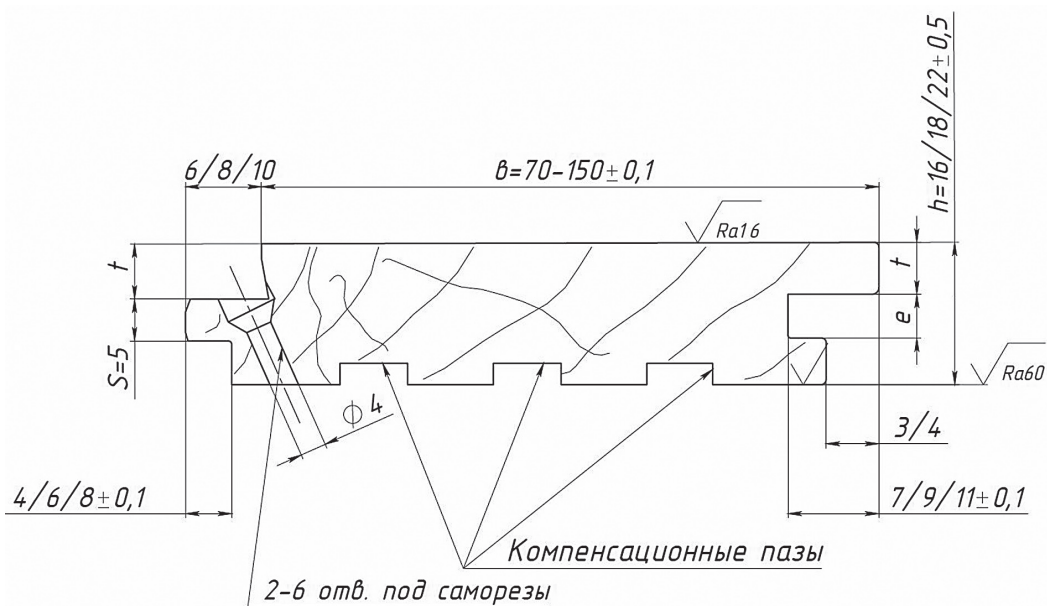


Рис. 1. Цельномассивная доска пола



Рис. 2. Станок ФПС-1. Общий вид



Рис. 3. Станок ФШС-2. Общий вид



Рис. 4. Технологическая схема производства цельномассивной доски пола из низкосортной древесины

электрифицированного инструмента с соответствующей технологической оснасткой.

Осуществление предлагаемой технологии производства цельномассивной доски пола не требует значительных капиталовложений, поэтому она может реализовываться в рамках малого и среднего бизнеса. В результате создается благоприятный климат для образования дополнительных рабочих мест, снижается удельная ресурсоемкость производства, повышается конкурентоспособность продукции на рынке. И, как следствие, частичное снижение дефицита производствен-

ных мощностей по глубокой переработке древесины.

Библиографический список

1. Патент на изобретение «Четырехсторонний продольнофрезерный деревообрабатывающий станок» заявка № 2009144446/03(063319) / Г.А. Крапухин, В.А. Косарев, Е.В. Кравцов // МПК В 27 С 9/04 от 02.12.2009
2. Заявка на изобретение «Продольно-фрезерный деревообрабатывающий станок» заявка № 2011117528/(026053) / Г.А. Крапухин, В.А. Косарев, Д.В. Кондратюк, Е.В. Кравцов // МПК В 27 С 9/04; В27 С 1/04 от 05.05.2011

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ БРУС

В.А. КОНДРАТЮК, *проф., ген. директор ФГУП «ГНЦ ЛПК», д-р экон. наук,*

И.В. ВОСКОБОЙНИКОВ, *зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК» по науке, д-р техн. наук,*

В.М. ЩЕЛОКОВ, *зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК»*

В.Н. ПЕТРОВ, *директор Департамента ИркутскНИИЛП, канд. техн. наук*

gnclpk@mail.ru

Государственным научным центром лесопромышленного комплекса совместно с ОАО Иркутсклеспром проведены исследования и разработана технология получения модифицированного строительного бруса.

Повышенный спрос на деревянные дома заводского изготовления поставил вопрос создания новых деревянных строительных материалов, одним из которых является строительный брус из модифицированной древесины, который является прочным древометаллическим материалом с заранее заданными формами и прочностными показателями. Такой строительный брус может применяться в особо ответственных и напряженных узлах строительных конструкций. Кроме того, к созданным металлическим швам бруса можно приваривать различных форм и прочности закладные детали.

Способ производства строительного бруса из модифицированной древесины обеспечивает модификацию древесины путем нагнетания в полость пиломатериала мелкоразмолотого металлического порошка с последующей придачей пласти пиломатериала путем проката ровной поверхности для подачи в матрицу, где он складывается в брус

металлическими пластинами друг к другу, а затем к торцам бруса подводятся токи сверхвысокой частоты (СВЧ), которые размягчают металлический порошок, и соединение модифицированных материалов происходит в матрице путем прессования, в момент которого СВЧ выключается, а полученный шов соединения охлаждается, и готовый брус убирается из матрицы, освобождая ее для последующего прессования бруса.

Модифицированный строительный брус предназначен для использования в народном хозяйстве в качестве несущих опор и колонн для деревянного домостроения.

Отличительными особенностями модифицированного строительного бруса от отечественных и зарубежных аналогов являются:

- наличие слоя металлического порошка в склеиваемых поверхностях;
- использование в слоях пиломатериалов с повышенной влажностью;
- соединение слоев пиломатериалов происходит холодным прессованием с одновременным свариванием поверхностей слоев с помощью токов высокой частоты.

Модифицированный брус и способ его получения защищены патентами: па-

Размеры модифицированного бруса, мм

Тип МБ	Толщина Н	Ширина В	Длина
I; II; III; IV	100; 125; 150; 175; 200	100; 125; 150; 175; 200; 225; 250	3000, 6000, 9000, 12000

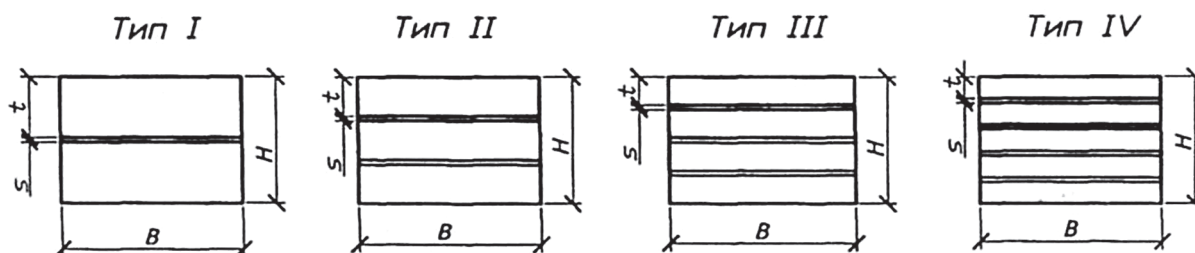


Рис. 1. Конструкция модифицированного бруса: В – ширина пласти МБ; Н – толщина МБ; t – толщина пиломатериала; S – склеивающий слой

тент РФ № 2235637 «Способ изготовления деревометаллических материалов»; патент РФ № 2354549 «Способ производства строительного бруса из модифицированной древесины»; патент РФ № 2008144737 «Пресс для соединения пиломатериалов модифицированного бруса».

Основные технические параметры, определяющие количественные, качественные и стоимостные характеристики продукции (в сопоставлении с существующими аналогами, в т.ч. мировыми) приведены в Технических условиях ТУ 5366-001-00273206-2009. Требования по сертификации: брус модифицированный соответствует требованиям нормативных документов и на него существует сертификат соответствия № РОСС RU. АЮ 62.С 00490, выданный Госстандартом России от 24.11.2009 г.

Брусья изготавливают путем прессования по толщине отдельных слоев, состоящих из пиломатериалов с предварительно введенной в их соприкасаемые пласти смесью клея «Номаколл» (ТУ 2385-014-59759080-08) с металлическим порошком (ГОСТ 9849-86).

Модифицированные брусья (МБ) в зависимости от конструкции изготавливают 4-х типов (рис. 1): I – из 2-х слоев пиломатериалов; II – из 3-х слоев пиломатериалов; III – из 4-х слоев пиломатериалов; IV – из 5-ти слоев пиломатериалов. Размеры модифицированного бруса указаны в табл. 1.

Форма поперечного сечения бруса – прямоугольный. Предельные отклонения от

номинальных размеров в бруссе находятся в пределах: по длине ± 5 ; по толщине – от плюс 2 до минус 1; по ширине – плюс 2 до минус 1.

Модифицированные брусья изготавливаются из обрезных пиломатериалов хвойных пород по ГОСТ 8486-86 и ГОСТ 24454-80. Смешивание пород древесины в бруссе не допускается.

Толщина пиломатериалов должна быть от 40 до 100 мм. В одном бруссе допускаются пиломатериалы разной толщины. Разница по толщине должна быть не более 10 мм.

Влажность древесины прессованных пиломатериалов должна быть от 18 до 60 %. Размеры пиломатериалов для слоев брусса установлены для древесины с влажностью не более 22 %. При большей влажности пиломатериалы по толщине и ширине должны иметь припуски на усушку древесины хвойных пород по ГОСТ 6782.1-75.

Пороки древесины, не упомянутые в настоящих технических требованиях, допускаются. Прочность пластевых соединений в слоях МБ на статический изгиб должна быть не менее 20 МПа. Прочность пластевых соединений в слоях МБ на скалывание вдоль волокон должна быть не менее 6 МПа. Показатель общего расслоения пластевых соединений смесью клея с металлическим порошком при испытании на расслаивание не должен превышать 10 %.

При изготовлении модифицированного брусса используют металлический мелкозернистый порошок, применяемый в черной

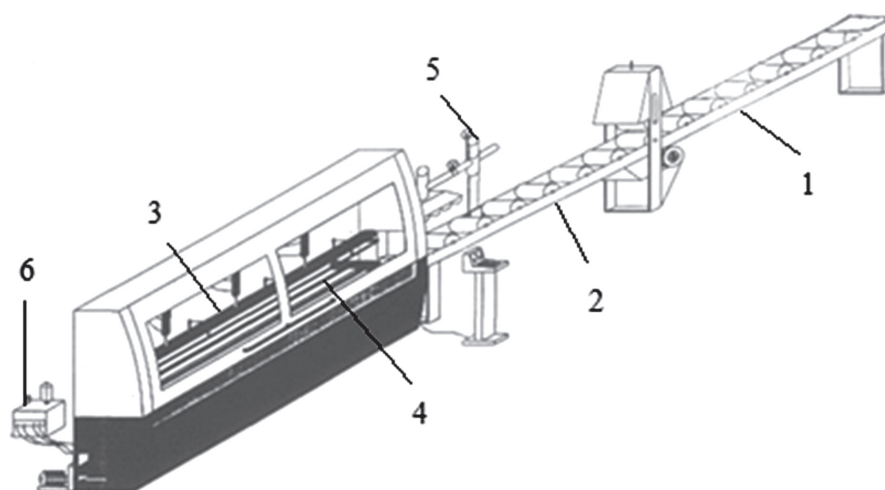


Рис. 2. Технологическая схема линии для производства строительного модифицированного бруса

металлургии с размерами частиц от 20 до 100 мкм по ГОСТ 23402-78. Толщина клея с металлическим порошком в соединяемых слоях МБ – не более 5 мм. Участки бруса без слоя клея с металлическим порошком не должны быть более 100 мм. Допускается по одному такому участку на каждый слой бруса. Величина уступов в смежных слоях не должна быть более 1 мм.

Непараллельность пластей и толщин допускается величиной не более предельных отклонений по толщине и ширине. Параметр шероховатости поверхности Rm_{max} не должен превышать 1250–1600 мкм по ГОСТ 7016-82.

По требованию потребителя брус может быть рассортирован по сортам и типам. Сорт, тип, характер обработки, размеры и порода древесины должны быть указаны в спецификации потребителя.

Нами разработана и изготовлена опытно-промышленная линия ЛМБ-М.

Линия предназначена для производства модифицированного строительного бруса с металлическим швом длиной 3–12 метров, используется в деревообрабатывающих цехах предприятий различных форм собственности.

Линия проходного типа по производству модифицированного бруса из отдельных пиломатериалов путем их пластевого соединения под давлением с внедренным в пласти прокатом металлическим порошком и сваренным в токах высокой частоты.

Линия обеспечивает механизацию и автоматизацию операций, начиная от подачи

исходного сырья и материалов до уборки готовой продукции длиной от 3 до 12 м.

Технологическая схема линии ЛМБ-М приведена на рис. 2, а техническая характеристика модифицированной линии – в табл. 2.

В состав модифицированной линии ЛМБ-М входят: 1 – транспортер проката; 2 – ролики подачи; 3 – пресс ПМБ; 4 – установка СВЧ; 5 – выносные ролики; шкаф управления; 6 – насосная станция.

Транспортер проката ТП-3 состоит из роликового стола, на который передается пиломатериал размером 50×150×12000 мм. На верхнюю пласть доски равномерно наносятся металлический порошок и клей, доски накладываются друг на друга обработанными поверхностями.

Сложенный в брус пиломатериал прогоняется через прижимные ролики, чтобы порошок вместе с клеем вдавился в пиломатериалы. Далее модифицированный брус подается в ролики подачи РП-3, с помощью которых часть бруса попадает в пресс ПМБ-3 на установленную в нем металлическую плиту.

Включается насосная станция и одновременно с надвиганием гидроцилиндров включается генератор высокой частоты, который соединен с электродом. Происходит одновременное размягчение.

Модифицированная линия укомплектована серийно выпускаемым оборудованием: насосной станцией высокого давления типа ЗНЭЭ-5.0И40Т1 и насосной станцией Г48-

Техническая характеристика модифицированной линии ЛМБ-3

Наименование	Единица измерения	Величина
Мощность линии в год при l=12 м	тыс. м ³	30,0
Потребность в пиломатериалах в год	тыс. м ³	31,5
Потребность в металлическом порошке и клее	тыс. т	5,0
Длина пиломатериалов	м	3,0; 6,0; 9,0; 12,0
Сварка металлического порошка между пластинами пиломатериалов	–	холодная сварка с токами высокой частоты и давлением
Пределы давления прессования пиломатериалов	МПа	5,0
Время сварки и прессования пиломатериала в брус	с	Не более 10,0
Сечение модифицированного бруса в пределах:		
ширина	мм	100-250
высота	мм	100-250
Усилие проката пластей пиломатериалов в пределах	МПа	3,0
Частота высоких токов	МГц	240
Температура сварки шва	°С	150,0
Масса линии	кг	Не более 7000

Т а б л и ц а 3

Ожидаемый годовой объем производства готовой продукции

Наименование	Ед. изм.	Года						Итого
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Объем производства	тыс. м ³	10	50	100	300	700	1000	2160
Количество	шт.	1	5	10	30	70	100	216
Стоимость продукции	млн руб.	100	509	1000	3000	7000	10000	21600

Т а б л и ц а 4

Среднегодовой спрос (потребность по годам) на линию ЛМБ-3

Наименование	Ед. изм.	Года						Итого
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Потребность в линии ЛМБ-3	шт.	1	5	10	30	70	100	216
Стоимость линии	млн руб.	30	150	300	900	2100	30000	21600

32; гидроцилиндрами модели Ц55; рукавами высокого давления РВДИ2000; установкой типа ВЧС для контактной сварки металлов; изолированными медными проводами и кабелем; транспортером проката ТП-3; роликами подачи РП-3; выносными роликами; прессом модифицированного бруса ПМБ-3; системой пневмоотсоса пыли и газоочистки.

В табл. 3 приведен ожидаемый годовой объем производства готовой продукции в виде модифицированного бруса.

В табл. 4 приведены данные среднегодового спроса (потребность по годам) на линию ЛМБ-3.

Годовая мощность одного завода по производству строительного модифицированного бруса составит 100 млн руб./год.

Библиографический список

1. Боровиков, А.М. Составляющие качества пиломатериалов / А.М. Боровиков, В.Н. Лохов. – М.: Механическая обработка древесины, 1983. – № 10. – 12 с.
2. Ветшева, В.Ф. Теоретические и экспериментальные исследования раскрытия крупномерных пиловочных бревен хвойных пород Сибири и Дальнего Востока: дисс. ... д-ра техн. наук / В.Ф. Ветшева. – Л.: ЛТА, 1974. – 340 с.
3. ГОСТ 8486-86. Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия. – Введ. 01.01.88. – М.: Стандартинформ, 2006. – 13 с.

БИОМАССА ДРЕВЕСИНЫ – ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЙ ИСТОЧНИК НОВЫХ ПРИРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

В.А. КОНДРАТЮК, *проф., ген. директор ФГУП «ГНЦ ЛПК», д-р экон. наук,*
М.Ю. КЛИНОВ, *директор Департамента лесной и легкой пром-сти Минпромторга России,*
канд. экон. наук,
С.А. КОНСТАНТИНОВА, *гл. науч. сотрудник ФГУП «ГНЦ ЛПК», канд. биол. наук,*
И.В. ВОСКОБОЙНИКОВ, *зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК» по науке, д-р техн. наук*

gnclpk@mail.ru

Российская Федерация, лидируя в мире по запасам лесных ресурсов, отстает по производству конкурентных товаров на основе продуктов глубокой переработки леса. В первую очередь это связано с технологической отсталостью производств по глубокой переработке древесины. Технологическая отсталость лесной промышленности России от мирового уровня может принять необратимый характер в связи с тем, что развитые страны, даже с ограниченными лесными ресурсами, приступили к разработке и использованию новых технологий и материалов, в том числе нанотехнологий и наноматериалов в производстве товаров с повышенными и новыми потребительскими свойствами на основе продуктов леса.

Размерно-иерархическая структура древесины охватывает несколько порядков мер длины: метрами измеряется целое дерево, сантиметрами – поперечный срез дерева (сердцевина, ядро, заболонь и кора), миллиметрами – годовые кольца, отражающие возраст дерева, десятками микрометров – анатомическое строение клеток, микрометрами – слоистая структура клеточной стенки, десятками нанометров – форма целлюлозных фибрилл в матрице гемицеллюлозы и лигнина, а нанометрами и менее – молекулярные структуры целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина и состояний их химического взаимодействия [5].

Целлюлоза является природным полимером и основой широкого спектра производимых и используемых в настоящее время материалов народнохозяйственного значения, но сложившаяся на протяжении длительного периода времени номенклатура производных целлюлозы не исчерпывает всех возможностей, которые заложены в ее структуре, в частности, уникальный потенциал ее нанопро-

изводных. В связи с этим интерес со стороны «нанотехнологов» к древесине, как к доступной возобновляемой природной наносистеме, можно образно объяснить следующим тезисом: то, что другим «нанотехнологам» необходимо создавать, «нанотехнологам» по древесине достаточно исследовать и использовать

В предыдущие несколько десятилетий нанотехнология получила значительное развитие во всем мире, но целлюлоза как природный наноструктурированный материал обратила на себя серьезное внимание и стала центром многочисленных технических и научных дискуссий во всем мире только лишь в последние годы.

За рубежом в таких странах как Финляндия, Швеция, Япония, Канада, США, Германия, Индия разработки технологий производства и переработки наноразмерных производных целлюлозы (наноцеллюлозы) приобрели системный широкомасштабный характер и интенсивно проводятся при государственной поддержке и частных инвестициях в течение последних семи–восьми лет. Основные тенденции в этой области: разработка технологий создания материалов с высокими прочностными свойствами и разработка методов управления поверхностными свойствами материалов.

В США разработана программа «Нанотехнология для индустрии лесной продукции. Прогноз и развитие технологий». Программа принята в 2004 г. и включает направления развития и использования нанотехнологии в секторе лесной продукции в области создания композиционных материалов.

В Канаде принята программа «Нанотехнология: внедрение в индустрии древесной продукции». Программа принята в апреле

2005 г. Основные направления развития и использования нанотехнологии в производстве на основе лесной продукции композиционных материалов (КМ), ламинатов, резин и другие.

Европейский Союз принял в сентябре 2006 г. и реализует программу «Нанотехнологическая программа для индустрии лесной продукции». Разработчики программы Финляндия и Швеция определили основные направления развития и использования нанотехнологий в лесном секторе: древесина и древесная продукция; волокнистые полуфабрикаты, бумага, упаковка; новые материалы и композиты.

Бразилия приняла программу «Нанотехнология в приложении к продукции из тропической древесины». Программа принята в 2006 г. Направления развития и использования нанотехнологий в секторе лесной продукции: развитие нанотехнологий для модификации свойств тропической древесины; адаптация процессов уплотнения и стабилизации размеров тропической древесины.

В Канаде фирмы Domtar Corporation и FPInnovations запустили опытный завод по производству нанокристаллической целлюлозы (вискеров) мощностью 1 тонна в день. Для строительства завода были предоставлены инвестиции из правительственной программы развития целлюлозно-бумажной промышленности «Зеленое преобразование Канады» и Министерства природных ресурсов Канады в сумме 20,4 млн CDN\$. Общая стоимость завода оценивается в 40,8 га CDN\$ [6].

В Швеции в 2010г. запущен завод по производству нанофибриллярной целлюлозы общей стоимостью 1,3 млн долл. США [7], производительностью 100 кг целевого продукта в сутки.

В России до последнего времени работы в области использования древесины в качестве сырья для получения наноматериалов практически не проводились. В то же время потребность экономики в новых материалах и технологиях и наличие значительных лесных ресурсов диктуют необходимость проведения в Российской Федерации фундаментальных исследований, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в этом направлении, а также создания собственного произ-

водства по выпуску наноматериалов и изделий с их использованием.

ФГУП «Государственный научный центр лесопромышленного комплекса» (ФГУП «ГНЦ ЛПК») один из первых в России начал проводить исследования и работы по разработке технологии и оборудования для получения наноцеллюлозы из древесного сырья и ее применения в технологиях изготовления новых материалов и изделий.

Свойства волокон целлюлозы зависят от многих факторов: химического состава, внутренней структуры волокна, угла разветвления микроволокон, размера ячеек и их деффектов, которые отличаются в различных частях растения, а также у различных растений. Поэтому механические свойства природного волокна зависят от типа целлюлозы, имеющего собственную кристаллическую организацию, которая определяет упруго-прочностные свойства волокон. Проводя научно-исследовательские работы в этом направлении, ФГУП «ГНЦ ЛПК» в качестве исходного сырья для получения наноцеллюлозы использовал техническую беленую, полубеленую и небеленую целлюлозу, полученную сульфатным, сульфитным и органосольвентным способами варки из хвойной и лиственной древесины, микрокристаллическую целлюлозу, а также растительное сырье недревесного происхождения – свекольный жом, хлопковый линт. При этом следует отметить, что практически любой целлюлозосодержащий материал может рассматриваться в качестве потенциального сырьевого источника для производства наноразмерных целлюлозных структур [8, 9], но древесная целлюлоза является наиболее эффективным сырьем для получения гидрогеля наноцеллюлозы с точки зрения массовых объемов производств целевого продукта и неограниченности исходных сырьевых ресурсов, их возобновляемости, а также возможности использования в дальнейшем отходов производства полуфабрикатов бумаги и картона.

В настоящее время хорошо изучены два семейства наноразмерных целлюлозных частиц. Первое – нанокристаллическая целлюлоза (НКЦ) [1–3, 10], второе – нанофибриллярная целлюлоза (НФЦ) [11, 12].

Известно, что разрушить целлюлозу без химической модификации достаточно сложно из-за прочности ее макромолекулы, обусловленной компактной упаковкой цепи, стабилизированной многочисленными внутри- и межмолекулярными водородными связями. Поэтому в настоящее время существуют различные варианты «ослабления» химической структуры полимера [10, 11, 12].

Согласно разработанной ФГУП «ГНЦ ЛПК» технологии, для получения водных дисперсий НКЦ и НФЦ (гидрогелей [13]) проводили поэтапную деполимеризацию исходного целлюлозосодержащего материала (рис. 1). Практическая реализация технологической схемы (рис. 1а) осуществлялась на опытно-экспериментальной линии НКЦ-100 (рис. 1б), производительностью 100 кг 3 % гидрогеля наноцеллюлозы в сутки.

Микроволокно целлюлозы – основной структурный компонент целлюлозы, который формируется во время биосинтеза. Фактически цепи поли – β -(1→4)-D-гликозидных остатков агрегированы такими образом, что формируют элементарную фибриллу, которая является длинными линейно связанными молекулами. Каждое микроволокно можно рассматривать как последовательность связанных кристаллов целлюлозы, расположенных вдоль оси микроволокна беспорядочными аморфными доменами более низкой плотности по сравнению с нанокристаллическими доменами. Аморфные области подвержены кислотному гидролизу, и, при контролируемых условиях, их можно удалить, оставляя кристаллические области неповрежденными (рис. 2). Кристаллические области являются наноразмерными структурами и отличаются высокими физико-механическими характеристиками с относительно высокой химической стабильностью.

В соответствии с представленной схемой (рис. 1а) волокна целлюлозы размалывают, затем подвергают щелочному гидролизу и отбелке гипохлоритом натрия (NaClO_2). При соблюдении оптимальных условий эти стадии позволяют удалить остаточный лигнин и гемицеллюлозу, оставляя неповрежденными волокна целлюлозы. Затем отбеленные волокна подвергают кислотному гидролизу при повы-

шенной температуре (рис. 2а). Для получения НКЦ образцы дезинтегрируют ультразвуком (рис. 2в), а для получения НФЦ завершающим этапом является диспергирование материала при высоком давлении (рис. 2 г, д).

Данный способ обеспечивает получение водных дисперсий НЦ с наночастицами при следующих геометрических параметрах: НКЦ (вискеры) – длина 200–300 нм, диаметр 25–50 нм (рис. 2б) и НФЦ – длина более 1 мкм, диаметр 10–50 нм (рис. 1г).

При высухании гидрогели наноцеллюлозы образуют полупрозрачные (рис. 3а) или прозрачные (рис. 3б) пленки. Степень прозрачности пленки обусловлена интенсивностью механического воздействия. Выраженные оптические свойства полученного материала широко применяются при изготовлении прозрачных композиционных материалов.

Известно, что рост цен на сырье повлечет за собой существенное удорожание продукции на основе синтетических смол, так как доля связующего в себестоимости клееной древесины составляет до 35 % [4]. Поэтому особенно актуальна замена дорогостоящего фенола в синтезе феноло-формальдегидных смол на более дешевое фенольное сырье или замене части самих ФФС в производстве клеев.

Закономерно, что в этих обстоятельствах возрастает роль растительного сырья как сырьевого источника для химической модификации. В связи с этим нами был проведен ряд работ по использованию гидрогелей нанокристаллической целлюлозы в качестве связующего компонента в клеевых композиционных составах при производстве древесно-слоистых пластиков (фанеры), с целью увеличения их механических показателей. При этом гидрогель НКЦ использовался для частичной замены токсичной карбамидоформальдегидной смолы, которая широко применяется в промышленности в качестве связующего агента при производстве фанеры.

Было установлено, что замена части композиционного клеевого состава гидрогелем НКЦ приводит к повышению таких механических свойств, как жесткость при изгибе и прочность клеевого шва при намокании. В зависимости от расхода гидрогеля НКЦ уве-

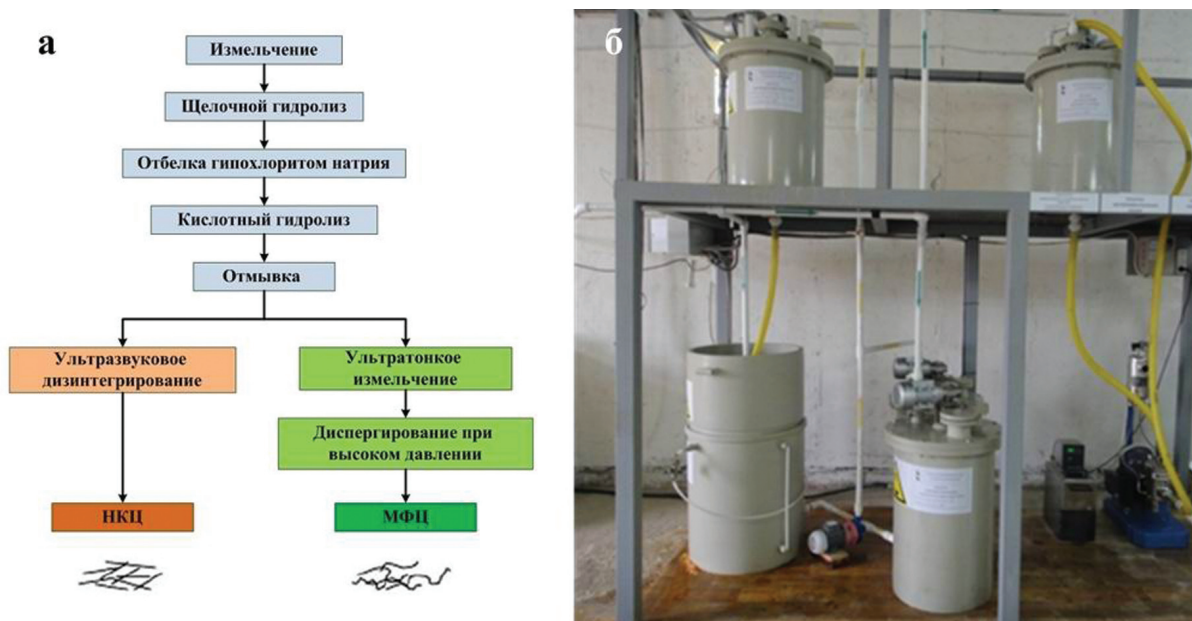


Рис. 1. Получение наноцеллюлозы: а – основные этапы обработки древесных волокон целлюлозы, б – фрагмент экспериментальной линии НКЦ-100

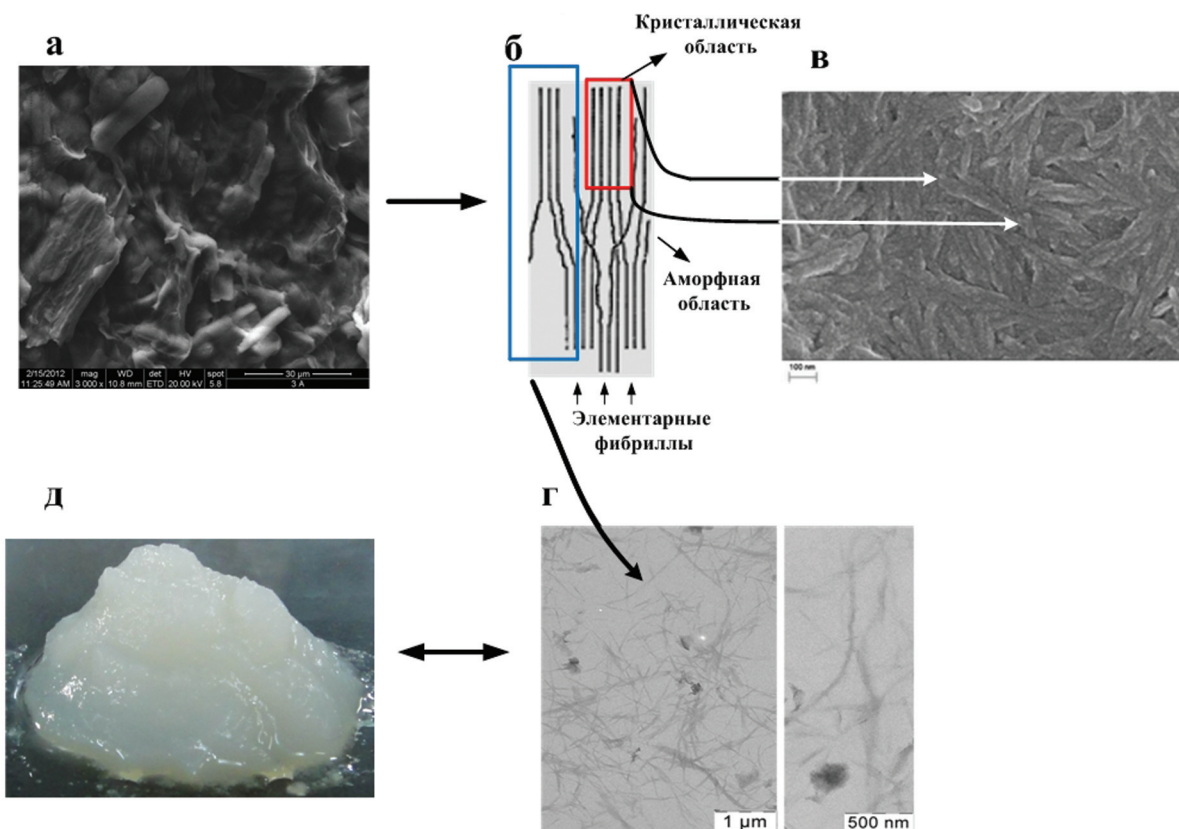


Рис. 2. Поэтапная дезинтеграция целлюлозы. Структурно-размерные характеристики наночастиц полученных гидрогелей (СЭМ LEO SUPRA 25): а – микрокристаллическая целлюлоза, полученная после обработки волокон в течение 4 ч, 10 % раствором серной кислоты, при температуре 90–95 °С; б – схематическое изображение элементарных фибрилл целлюлозы; в – электронная микроскопия поверхности пленки НКЦ; г – электронная микроскопия поверхности пленки НФЦ; д – гидрогель нанофибриллярной целлюлозы после ультразвукового измельчения в коллоидной мельнице МК ИКА (продолжительность обработки – 120 мин, зазор между ротором и статором ≤ 5 мкм) и последующей обработки в гомогенизаторе высокого давления НРН ИКА (концентрация – 3,7 %, рабочее давление – 1500–1700 кг/см², 1 проход)

личение показателей механической прочности составляет 15–20 %.

В связи с динамичным развитием мировой целлюлозно-бумажной индустрии возникает объективная необходимость повышения эффективности производства широкого ассортимента выпускаемой продукции и своевременного повышения ее качества. Взаимодействие волокнистого сырья с древесными наноматериалами обеспечивает почти неограниченные возможности для целлюлозно-бумажной промышленности, на пути создания композиционных наноматериалов с расширенными функциональными возможностями и повышенной добавленной стоимостью.

Согласно имеющимся в литературе данным, для модифицирования бумаги и картона, в основном, предлагается использовать нанофибрилярную целлюлозу (НФЦ).

В бумажном листе из неразмолотых волокон силы связи между ними на 80 % обусловлены силами трения и Ван-дер-Ваальса, 20 % – водородными; из размолотых – в среднем 40 и 60 % соответственно. Так как водородные силы связи возникают при сближении свободных гидроксильных групп, находящихся на поверхности целлюлозы, то их величина зависит от числа свободных гидроксильных групп, которая увеличивается по мере раскрытия внешней поверхности волокна. Таким

образом, на прочность связи волокон в листе оказывает влияние величина внешней поверхности целлюлозы.

Наноразмерные производные целлюлозы являются самым прочным природным наноматериалом, обладают примерно 25 % прочности углеродных нанотрубок, имеют огромную суммарную поверхность и создают упорядоченную трехмерную архитектуру, что однозначно определяет их как перспективный армирующий компонент, способный составить конкуренцию существующим материалам аналогам.

Поскольку эффект армирования в значительной степени обусловлен площадью контакта наночастиц со структурными элементами матрицы, зависящей от их геометрических параметров и морфологии, различия в этих характеристиках синтезированных препаратов и НФЦ дают основание для исследования влияния введения нанокристаллической целлюлозы (НКЦ) в состав таких композиционных материалов.

Принципиально задача направленного изменения свойств материалов может быть решена как введением наночастиц на заключительной стадии их получения путем обработки (пропитки) бумажных полотен, так и введением наночастиц в бумажную массу при формировании бумажного полотна.

С целью оценки эффективности первого варианта получения модифицированной бумаги было исследовано влияние на физико-механические характеристики трех видов бумаги (фильтровальной, газетной, писчей) введения НКЦ путем пропитки высушенных образцов бумаги разработанными дисперсными системами гелем 1 и гелем 2, частицы нанокристаллической целлюлозы геля 1 имели длину 100–500 нм, ширину 25–50 нм, геля 2 – длину 100–900 нм, ширину 25–120 нм. Согласно полученным данным, общий характер зависимости «напряжение–деформация» не изменяется. Однако математическая обработка полученных зависимостей, проведенная по программе testXpert® II, позволила выявить значительные изменения физико-механических характеристик модифицированной бумаги. При этом уровень этих изменений



Рис. 3. Фото высушенных на воздухе пленок гидрогелей НФЦ, полученных при обработке гидролизного сырья с использованием коллоидного измельчения и гомогенизации при высоком давлении. Исходное сырье – беленая сульфатная целлюлоза из листовых пород древесины: а – один проход через гомогенизатор высокого давления, рабочее давление – 1500–1700 кг/см², б – 20 проходов при тех же условиях

оказался зависящим от вида использованной дисперсии.

Согласно полученным данным, во всех случаях разрывное напряжение и модуль эластичности возросли в результате пропитки образцов, при этом удлинение осталось на прежнем уровне. При использовании геля 2 в зависимости от вида бумаги и направления волокон, возникающего при формировании бумажного полотна, увеличение разрывного усилия составляет от 5 до 15 %, а модуля упругости – от 5 до 30 %. Наибольший интерес представляет результат, полученный при модифицировании бумаги гелем 1: резко возросли механические характеристики бумаги в поперечном направлении: увеличение разрывного усилия составило 210, а модуля эластичности 137 % соответственно. В продольном направлении увеличение этих показателей составило 86 и 55 % соответственно. Основной причиной значительно большей эффективности армирования бумаги гелем 1 является, по-видимому, действие двух факторов – меньшей вязкости дисперсии, обеспечивающей более равномерное распределение наночастиц в межволоконном пространстве, и меньший их размер, облегчающий протекание диффузионных процессов. Полученные в лабораторных условиях данные показали перспективность использования НКЦ в качестве армирующего агента для таких целлюлозных композиционных материалов, как бумага и картон. Поэтому представляло интерес исследовать возможность изменения свойств этих материалов при введении в их состав НКЦ на стадии получения, а также исследовать влияние НКЦ на другие композиционные системы, используемые в условиях действующих промышленных производств и технологий целлюлозно-бумажной и смежных отраслей промышленности.

При производстве различных видов бумаги на высокоскоростных бумагоделательных машинах важной технической характеристикой является прочность свежеформованного бумажного полотна, от уровня которой зависит возможность его обрыва и, следовательно, производительность оборудования. Введение в бумажную массу наноцеллюлозы, частицы которой обладают огром-

ной поверхностью, принципиально должно обеспечить, как уже указывалось, формирование с ее участием более прочной системы межволоконных связей по всему объему. При этом очевидно, что интенсивность таких связей и, как следствие, прочность влажного бумажного полотна должны изменяться при изменении как расстояния между волокнами, так и степени сольватации (гидратации) гидроксильных групп целлюлозы.

Была исследована зависимость основных характеристик влажного бумажного полотна от типа и количества вводимой в бумажную массу наноцеллюлозы. Как известно, снижение влажности свежеформованного бумажного полотна приводит к повышению его прочности. Действительно, в принятых условиях основные прочностные характеристики (нагрузка, энергия разрыва) возрастают в 2–2,8 раза при повышении концентрации бумажной массы от 14 до 34 %. Аналогичный характер и уровень (в 2,5–3 раза) имеет изменение этих характеристик и для бумажного полотна, содержащего добавки наноцеллюлозы. При этом, однако, полотна, сформованные из бумажной массы, содержащей добавки наноцеллюлозы, имеют на 23–50 % более высокие абсолютные значения этих показателей, чем из бумажной массы, не содержащей наноцеллюлозы.

Графические зависимости энергии разрыва влажного бумажного полотна от содержания наноцеллюлозы в исследованном интервале ее концентраций в случае геля 1 имеют характер кривых, выходящих на плато. Максимальная прочность полотна для такой системы достигается при концентрации наноцеллюлозы 0,4–0,5 % по сухому веществу. Возможной причиной этого может быть удаление в процессе формирования бумажного полотна менее прочно связанных частиц НЦ. В то же время, при введении добавок геля 2, частицы НЦ в котором имеют большие размеры, эта зависимость имеет практически линейный характер, и в этом случае максимальный уровень прочности достигается при содержании наноцеллюлозы 1 %.

Представленные результаты позволяют расширить представления о формировании структурно-механических свойств бумаги в

процессе ее производства, установить общие закономерности в подборе компонентов, технологических параметров, оборудования и исходного сырья с целью управления качеством конечной продукции.

Огромная удельная площадь поверхности частиц наноцеллюлозы и ее повышенная химическая реакционная способность предполагают широкий спектр ее применения при создании принципиально новых многофункциональных наноструктурированных материалов гражданского и специального назначения с высокими эксплуатационными характеристиками: в строительстве в качестве поверхностно-активного вещества; в клеевых композициях с контролем формирования клеевых соединений; в экологически чистой биоразлагаемой упаковке с улучшенными барьерными и прочностными свойствами; в качестве биосвязующего; в целлюлозно-бумажной промышленности для проклейки и формирования бумаги, картона, улучшения их качеств; в качестве загустителей и регуляторов вязкости; в прозрачных полимерных КМ; в тампонажных и строительных КМ; при производстве материалов для микрокапсулирования лекарственных средств, посевного материала и удобрений; высокоэффективных регенерируемых нанопористых сорбентов для удаления токсичных органических соединений из материалов и техногенных отходов; в новых медицинских, лекарственных и косметических средствах, в пищевых добавках и др.

Реализация данных технологических направлений осуществляется в интересах многих отраслей промышленности: автомобилестроение; авиастроение; целлюлозно-бумажная промышленность, плитное производство, судостроение; космическая отрасль; нефтедобыча; биоразлагаемая тара и упаковка; специальные покрытия; лакокрасочные и строительные материалы; потребительские товары, спортивный инвентарь; медицина, оптически прозрачные пленки и др. и не требует перестройки основных действующих производств.

Учитывая, что целлюлозный наноматериал стоит в 10–100 раз дешевле углеродных нанотрубок, прогнозируется его конкурен-

тнеспособность на рынке нанодобавок перед продуктами аналогами. Поэтому лесная промышленность и связанные с ней отрасли, потребляющие продукцию леса во всех странах мира, становятся одними из прорывных направлений использования нанотехнологий и создания наноматериалов.

Библиографический список

1. Левин, М.Н. Тр. XII Междунар. конф. «Кибернетика и технологии XI века» / М.Н. Левин, И.М. Бартенев, М.В. Драпалюк. – Воронеж: ВГУ, 2009. – С. 389–401.
2. Вережников, В.Н. Факторы агрегативной устойчивости гидрозоль нанокристаллической целлюлозы / В.Н. Вережников, И.В. Останкова, М.Н. Левин, А.С. Шестаков и др. // Конденсированные среды и межфазные границы. – Т. 12. – № 1. – С. 36–41.
3. Захаров, А.Г. Целлюлоза, выделенная из водной дисперсии «whiskers» методом сублимационной сушки: структура и свойства / А.Г. Захаров, М.И. Воронова, М.В. Радугин, Т.Н. Лебедева и др. // Химия растительного сырья, 2010. – № 4. – С. 31–36.
4. Древесина (химия, ультраструктура, реакции): пер. с англ. Д. Фенгел, Г. Вегенер; под ред. А.А. Леоновича. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. – С. 417.
5. Klemm D. Nanocellulose materials – different cellulose, different functionality / *Macromol. Symp. J.*, 2009. – № 280. – P. 60–71.
6. Lesprom Network / Москва 16.07.2010.
7. PPI Europe / Brussels 24.06.2010.
8. Dufresne, A. Cellulose-based composites and nanocomposites. In *Monomers, Polymers and Composites from Renewable Resources*, 1st ed.; Gandini, A., Belgacem, M.N., Eds.; Elsevier: Oxford, UK, 2008; P. 401–418.
9. Kvien I., Tanem B.S., Oksman K. Characterization of cellulose whiskers and their nanocomposites by atomic force and electron microscopy / *Biomacromolecules J.*, 2005. – № 6. – P. 3160–3165.
10. Oksman K., Mathew A., Bondeson D, Kvien I. Manufacturing process of cellulose whiskers-poly(lactic acid) nanocomposites / *Composites Science and Technology.*, 2006. – № 66. – P. 2776–2784.
11. Turbak, A.F.; Snyder, F.W.; Sandberg, K.R. Microfibrillated cellulose, a new cellulose product: Properties, uses, and commercial potential. *J. Appl. Polym. Sci. Appl. Polym. Symp.* 1983, 37, 815–827.
12. Ankerfors, M.P.; Kosonen, H.; Nyknen, A.; Ahola, S.; Sterberg, M.; Roukolainen, J.; Laine, J.; Larsson, P.T.; Ikkala, O.; Lindström, T. Enzymatic hydrolysis combined with mechanical shearing and high-pressure homogenization for nanoscale cellulose fibrils and strong gels. *Biomacromolecules* 2007, 8, 1934–1941.
13. <http://en.wikipedia.org/wiki/Nanocellulose/>

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПРОЦЕССАХ СКЛЕИВАНИЯ И МОДИФИЦИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Н.С. НИКУЛИНА, ВГЛТА, канд. техн. наук,

В.А. ШАМАЕВ, проф. каф. древесиноведения ВГЛТА, д-р техн. наук,

С.А. КОНСТАНТИНОВА, гл. науч. сотрудник ФГУП «ГНЦ ЛПК», канд. биол. наук,

И.Н. МЕДВЕДЕВ, директор ООО «Лигнум», канд. техн. наук

drevstal@mail.ru; noodl-on-sky@mail.ru; medved-vrn82@mail.ru

В настоящее время все более остро ощущается дефицит древесины твердых лиственных пород при малом вовлечении в переработку древесины мягких лиственных пород [2, 3]. В то же время свойства древесины мягких лиственных пород можно существенно повысить до плотности 800–1200 кг/м³ методом химико-механического модифицирования.

Потребление древесины твердых лиственных пород в мире составляет 500 млн м³ в год, из них на российский рынок приходится около 35 млн м³.

Вследствие того, что возобновление древесины твердых пород происходит в 7–10 раз медленнее, чем возобновление мягких пород, а их промышленные запасы остались только в заповедниках, в последнее время наметился и все более обостряется дефицит этого вида древесины

Это привело к значительному ее удорожанию как в России, непосредственно располагающей ее запасами, так и в других странах, активно перерабатывающих данную древесину развитых стран Европы, Азии и Америки, куда она завозится из развивающихся стран Африки и Южной Азии.

Технологические возможности производства модифицированной древесины позволяют получать конечный продукт с широким спектром декоративных, прочностных, физико-механических и эксплуатационных свойств, которые можно изменять в зависимости от требований потребителя или производителя. Наибольший экономический эффект прослеживается при модификации древесины из низкосортных и малоценных пород древесины, таких как береза, осина, ольха и прочие.

Существо технологий заключается в пропитке с торца под давлением оцилиндро-

ванной заготовки свежесрубленной древесины мягких лиственных пород и последующей сушке под механическим давлением 0,4–0,5 МПа в стандартных сушильных камерах, оборудованных гидроцилиндрами. Исходным сырьем служит древесина ольхи, березы, осины, тополя.

Получаемый конечный продукт сохраняет уже имеющиеся свойства исходной древесины и приобретает технологически задаваемый спектр новых качеств, например, повышенную твердость и низкую истираемость, плотность и прочность, био- влагоустойчивость, новые декоративные свойства.

Для получения модифицированной древесины приготавливают пропиточный 30–40 %-ный водный раствор карбамида, содержащий форконденсат карбамидоформальдегидного олигомера (КФК), в который добавляют упрочнитель – 2 %-ный водный раствор наноцеллюлозы (НЦ) в количестве 15–18 % от массы КФК. Вода, используемая для приготовления раствора, активизируется намагничиванием до анализа с окислительно-восстановительным потенциалом 800–900 мВ с рН=2,5.

Добавление в пропиточный раствор водного геля НЦ в указанном количестве, намагничивание воды до анализа обеспечивают получение модифицированной древесины требуемой прочности 120–130 МПа со степенью упрочнения для березы 15 %, для осины 25 %, то есть в два раза меньше, чем при модифицировании известным способом.

Введение водного геля НЦ увеличивает степень сшивки полимера с древесиной. За счет этого увеличивается жесткость и прочность модифицированной древесины.

Дополнительное намагничивание воды до анализа с окислительно-восстановительным потенциалом 800–900 мВ способствует активации водного геля НЦ, повышает

Характеристика модифицированной древесины

Характеристика материала и условия его получения	Степень прессования, %	Предел прочности при сжатии, МПа
Береза прессованная	15	80
Береза + КФК	15	92
Береза + КФК + НЦ	15	120
Береза + КФК + НЦ+ активированная вода	15	135
Осина прессованная	25	72
Осина + КФК	25	91
Осина + КФК + НЦ	25	104
Осина + КФК + НЦ+ активированная вода	50	120

степень полимеризации, что также способствует увеличению прочности модифицированной древесины.

Заготовки из древесины пропитывают полученным раствором с торца под давлением 0,4–0,5 МПа. После пропитки содержание карбамида в древесине составляет 15–20 % от массы сухой древесины, содержание КФК 1,5–2,4 % от массы сухой древесины, содержание НЦ 0,22–0,43 % от массы сухой древесины.

Далее заготовки высушивают при температуре 90 °С до влажности 10–15 %, после чего их прессуют поперек волокон под механическим давлением 0,5–0,6 МПа до степени уплотнения 15 % для березы и 25 % для осины и сушат в пресс-формах до влажности 4–5 %. Далее проводят термообработку при температуре 140 °С в течение 3 часов.

В результате получают модифицированную древесину, имеющую прочность при сжатии вдоль волокон 120–130 МПа и степень уплотнения 15 % для березы и 25 % для осины, т.е. использование предложенного способа позволяет снизить степень уплотнения в 2 раза по сравнению с известным способом, т.е. также повысить выход получаемого материала (таблица).

Снижение степени прессования для березы с 30 до 15 % позволяет повысить выход модифицированной древесины на 15 %, т.е. с 1 м³ экономия составит 0,15 м³, с 1000 м³ – 150 м³. При отпускной цене модифицированной древесины березы 30 тыс. руб. за 1 м³ экономия составит 150 × 30 = 4500 тыс. руб.

Снижение степени прессования для осины с 50 до 25 % позволяет повысить выход модифицированной древесины на 25 %, т.е. с 1 м³ экономия составит 0,25 м³, с 1000 м³ – 250 м³. При отпускной цене модифицированной древесины осины 25 тыс. руб за 1 м³ экономия составит 250 × 25 = 6250 тыс. руб.

Склеивание материалов находит применение во многих областях техники. В промышленности массивную древесину склеивают по длине, ширине и толщине, в результате чего получается клееная продукция определенного назначения с различными прочностными характеристиками.

С недавнего времени в России освоено производство наноцеллюлозы, которая способствует увеличению прочности бумаги в 10 раз. Использование нанодобавок позволяет получать материалы с улучшенными свойствами.

Поэтому совмещение модифицированной малоценной древесины, обладающей свойствами древесины ценных пород, с добавками наноцеллюлозы в процессе склеивания, позволит получить прочные клеевые соединения, равные прочности самой модифицированной древесины. А как следствие этого – увеличение прочности клееного соединения способствует повышению эксплуатации клееных изделий и приближается к сроку службы самой модифицированной древесины (50 лет).

Для проведения испытаний образцы изготавливали из модифицированной древесины марки «Дестам» [2]. Количество образцов для каждого испытания должно быть не менее 5 шт. Точность и качество изготовления образцов должны соответствовать требованиям ГОСТ 16483.0-78. Образцы с видимыми пороками древесины по ГОСТ 2140-81 и дефектами склеивания испытаниям не подлежат.

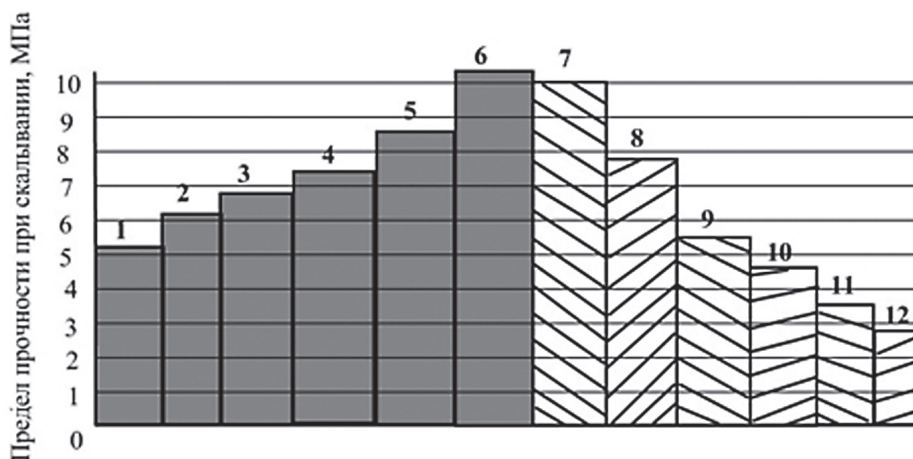


Рисунок. Диаграмма влияния рецептуры клеевого состава на предел прочности при скалывании: 1 – смола СФЖ-3014, 2 – смола СФЖ-3014+УЗ, 3 – смола СФЖ-3014+ИМП, 4 – смола СФЖ-3014+УЗ+ИМП; 5 – смола СФЖ-3014+УЗ+ИМП+НКЦ (1 %-ая); 4 – смола СФЖ-3014+УЗ+ИМП+НКЦ (6 %-ая); 7 – смола ПКП-52, 2 – смола ПКП-52+УЗ, 3 – смола ПКП-52+ИМП, 4 – смола ПКП-52+УЗ+ИМП; 5 – смола ПКП-52+УЗ+ИМП+НКЦ (1 %-ая); 4 – смола ПКП-52+УЗ+ИМП+НКЦ (6 %-ая)

В качестве клеев использовали карбамидоформальдегидную смолу ПКП-52 (холодного способа склеивания) и фенолоформальдегидную смолу СФЖ-3014 (горячего способа склеивания). Выбор данных смол основан на рассмотрении влияния добавки наноцеллюлозы на прочность клеевого шва при использовании 2-х различных видов смол и способов их склеивания.

Так, при использовании карбамидоформальдегидной смолы ПКП-52 в нее добавляли необходимое количество наноцеллюлозы, тщательно все перемешивали и обрабатывали ультразвуком в течение 5 мин. Далее в полученный состав добавляли отвердитель – щавелевую кислоту в количестве 4 %.

При использовании фенолоформальдегидной смолы СФЖ-3014, кроме добавки наноцеллюлозы, использовали ПАВ (дрезинат калия) в количестве 6 % (для избежания расслоения), все тщательно перемешивали и обрабатывали ультразвуком в течение 5 мин.

Для определения влияния и необходимого количества наноцеллюлозы на прочность клеевого соединения образцов модифицированной древесины ее вводили в смолу перед началом обработки ультразвуком (УЗ) и импульсным магнитным полем (ИМП) в количестве 4, 8 и 12 %. Исходя из ряда проведенных экспериментов установлено, что количество вво-

димой наноцеллюлозы в размере 8 % является достаточным для получения прочного клеевого соединения. Введение большего количества наноцеллюлозы существенного влияния на прочность при скалывании не оказывает.

После того как образцы и клеи подготовлены, осуществляли процесс склеивания, из расчета 150 г на 1 м² поверхности. Клей наносили с помощью кисти однократно. После нанесения клея на поверхность осуществляли выдержку в течение 5 мин для лучшей адгезии клея к древесине. После этого образцы соединяли между собой и выдерживали под давлением 1,6 МПа, чтобы сблизить склеиваемые поверхности и получить равномерный клеевой шов минимальной толщины. Время выдержки под давлением составляет: для смолы ПКП-52 при комнатной температуре 5 ч, для смолы СФЖ-3014 при температуре 120 °С 1ч. Далее осуществлялась обработка клеевого шва импульсным магнитным полем. Напряженность магнитного поля регулируется в пределах от 0 до 24·10⁴ А/м величиной тока и расстоянием межполюсного пространства. Обработка производилась в течении 20 мин, за это время клеевая композиция достигает предела магнитного насыщения, что подтверждается проведенными экспериментальными данными. Результаты полученных экспериментов представлены на рис. 1.

Как видно из рис. 1, обработка смол ультразвуком способствует более качественному заполнению пор клеточной стенки древесины, более равномерному распространению компонентов и более полному протеканию реакции отверждения. Кроме этого, было отмечено снижение вязкости, что способствует увеличению жизнеспособности клея, и лучшему проникновению клея в древесину.

В свою очередь, использование импульсного магнитного поля способствует увеличению прочности клеевого соединения. Возможно, что на поверхности раздела древесина – клей – древесины, благодаря импульсному магнитному полю активизируются некоторые центры молекул и тем самым увеличивают прочность клеевого соединения за счет прочного удерживания молекул.

Выводы

1. Для получения модифицированной древесины общего назначения рекомендуется водный раствор форконденсата карбамидоформальдегидного олигомера марки КФК с добавкой наноцеллюлозы в количестве 15 %.

2. Установлено, что степень прессования может быть снижена с 40 до 20 % при использовании добавки наноцеллюлозы.

3. Разработаны рецептуры клеевых составов для склеивания модифицированной древесины на основе фенолоформальдегидного и карбамидоформальдегидного клеев с добавкой наноцеллюлозы.

4. Обработка клеевого состава ультразвуковым полем, а клеевого шва импульсным магнитным полем существенно повышает прочность клеевого шва.

5. Применение нанокристаллической целлюлозы в сочетании с магнитным импульсным и ультразвуковым воздействием позволяет получить клееную модифицированную древесину, равнопрочную по всей длине и ширине. При этом предел прочности при скалывании вдоль волокон достигает 10,5 МПа, что в 2,5 раза выше, чем при склеивании известными способами.

Библиографический список

1. Шамаев, В.А. Модификация древесины: учеб. пособие / В.А. Шамаев – Воронеж: ВГЛТА, 2008 – 369 с.
2. Григоров, Л.Н. Аномальные электрические и магнитные свойства тонких пленок облученного полиоктилметакрилата / Л.Н. Григоров, Т.В. Дорофеева, А.В. Краев, Е.И. Шклярова // Высокомолекулярные соединения, 1998. – Т. 40. – № 4. – С. 682–684.
3. Shamaev, V.A. Modifikacja drewna monchnikiem – Zestyty problemo we Posterow Nauk Rolniczych, 1987, s.212-232.

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОГЕЛЕЙ НАНОЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПРИ ФОРМОВАНИИ БУМАГИ И КАРТОНА ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ВОЛОКНИСТОГО СЫРЬЯ

И.В. ВОСКОБОЙНИКОВ, зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК» по науке, д-р техн. наук,
В.А. КОНДРАТЮК, проф., ген. директор ФГУП «ГНЦ ЛПК», д-р экон. наук,
С.Н. НИКОЛЬСКИЙ, ФГУП «ГНЦ ЛПК», канд. хим. наук,
С.А. КОНСТАНТИНОВА, гл. науч. сотрудник ФГУП «ГНЦ ЛПК», канд. биол. наук,
А.Н. КОРОТКОВ, мл. науч. сотрудник ФГУП «ГНЦ ЛПК», канд. хим. наук

gncpk@mail.ru

В научно-технической литературе содержится обширный экспериментальный материал по экологически безопасным способам выделения и по перспективным направлениям применения наноцеллюлозы в различных отраслях промышленности – от

медицины до машиностроения. Несмотря на это, вопросам технологии создания новых композиционных материалов на основе наноцеллюлозы, т.е. практической реализации проектов уделяется значительно меньшее внимание.

В настоящей работе рассмотрены наиболее важные технологические аспекты применения гидрогелей наноцеллюлозы в производстве целлюлозно-бумажной продукции.

Стадия формования бумажного и картонного полотна в мокрой части машин является одной из наиболее важных для выпуска продукции с заданными показателями качества [1]. Поэтому использование гидрогелей наноцеллюлозы на указанном этапе картонно-бумажного производства представляется целесообразным для совершенствования технологии массовых видов бумаги и картона – бумаги для печати; бумаги и картона для выпуска упаковочных материалов (картон для потребительской тары; индивидуальная и групповая тара из гофрированного картона).

Результаты, представленные в работе, получены с использованием экспериментальной базы предприятий РФ: ОАО «Каменская бумажно-картонная фабрика», ООО «Пермский картон», ОАО «ЦНИИБ».

Экспериментальная часть

В качестве волокнистых полуфабрикатов использованы: 1) сульфатная беленая целлюлоза из хвойных и лиственных пород древесины (товарный продукт, ОАО «Архангельский ЦБК»), 2) нейтрально-сульфитная полуцеллюлоза из березовой древесины (жидкий поток, ООО «Пермский картон»), 3) макулатурная масса после сортирования и очистки (исходная макулатура – марка МС-5Б, ОАО «Каменская БКФ»).

Образцы бумаги для печати офсетной получали на опытно-экспериментальном оборудовании ОАО «ЦНИИБ».

Модельные образцы бумаги для гофрирования и картона для плоских слоев гофрированного картона изготавливали с использованием стандартных методик.

Испытания материалов после кондиционирования проводили в соответствии с требованиями соответствующих стандартов.

Результаты и обсуждение

Качество бумаги для печати офсетной (далее по тексту – бумага офсетная) базируется

не только на составе по волокну. Существенное влияние на свойства оказывает спектр применяемых основных и вспомогательных химикатов, их расходы и точки подачи в композицию бумажной массы. В связи с этим при отработке технологии бумаги офсетной с применением гидрогелей наноцеллюлозы были апробированы различные сочетания сырья, химикатов и гидрогелей.

1. Контрольный вариант (вариант I).
2. Добавка гидрогелей одновременно с волокнистыми полуфабрикатами (вариант II).
3. Добавка гидрогелей одновременно с минеральными наполнителями (мел) (вариант III).
4. Добавка гидрогелей и к волокнистому сырью, и к минеральному наполнителю (вариант IV).
5. Добавка гидрогелей к упрочняющей добавке – крахмалу (вариант V).

Схемы подачи гидрогелей в технологический поток, расходы химикатов представлены в табл. 1, на рис. 1–5. Дополнительно проведена поверхностная обработка бумаги офсетной, полученной в контрольном варианте (вариант VI, рис. 1).

Результаты испытаний полученных материалов представлены в табл. 2.

В результате изготовления бумаги офсетной установлено, что добавка гидрогелей наноцеллюлозы в бумажную массу при различных способах введения и последующая поверхностная обработка полученной бумаги в клеильном прессе показали преимущества нового продукта по сравнению с применяемыми химикатами.

1. Добавка гидрогелей наноцеллюлозы обеспечивает значительное повышение степени удержания минерального наполнителя в бумажной массе. В зависимости от способа подачи гидрогелей степень удержания минерального наполнителя (мел) составила от 52 до 68 %, что превышает степень удержания в контрольном образце в 1,6–2,1 раза.

2. Физико-механические свойства (прочность при разрыве, сопротивление излому, впитываемость при одностороннем смачивании и пр.) также были улучшены.

Химикаты и материалы, использованные при выработке бумаги офсетной

№ варианта	Наименование варианта	Способы подачи, расход реагентов	Примечания
I	Контрольный	1. Клей «Ультрасайз» – 7 кг/т; 2. Крахмал – 4 кг/т; 3. Мел – 200 кг/т/	Часть выработанной бумаги обработана с поверхности (проклейка) с использованием наноцеллюлозы (вариант VI)
II	Введение наноцеллюлозы непосредственно в бумажную массу вместе с используемыми химикатами	1. Наноцеллюлоза – 5 кг/т; 2. Клей «Ультрасайз» – 7 кг/т; 3. Крахмал – 4 кг/т; 4. Мел – 200 кг/т.	Общий расход наноцеллюлозы – 5 кг/т
III	Введение наноцеллюлозы после смешения с минеральным наполнителем (мел)	1. Клей «Ультрасайз» – 7 кг/т; 2. Крахмал – 4 кг/т; 3. (Мел + наноцеллюлоза): – мел – 200 кг/т; – наноцеллюлоза – 2 кг/т.	Общий расход наноцеллюлозы – 2 кг/т
IV	Введение наноцеллюлозы непосредственно в бумажную массу и после смешения с минеральным наполнителем	1. Наноцеллюлоза – 5 кг/т 2. Клей «Ультрасайз» – 7 кг/т; 3. Крахмал – 4 кг/т; 4. (Мел + наноцеллюлоза): – мел – 200 кг/т; – наноцеллюлоза – 2 кг/т.	Общий расход наноцеллюлозы – 7 кг/т
V	Введение наноцеллюлозы после смешения с упрочняющим веществом (крахмал)	1. Клей «Ультрасайз» – 7 кг/т; 3. (Крахмал + наноцеллюлоза): – крахмал – 5 кг/т; – наноцеллюлоза – 5 кг/т; 4. Мел – 200 кг/т.	Общий расход наноцеллюлозы – 5 кг/т
VI	Поверхностная обработка контрольного варианта (вариант I) гидрогелем наноцеллюлозы в клеильном прессе	–	–

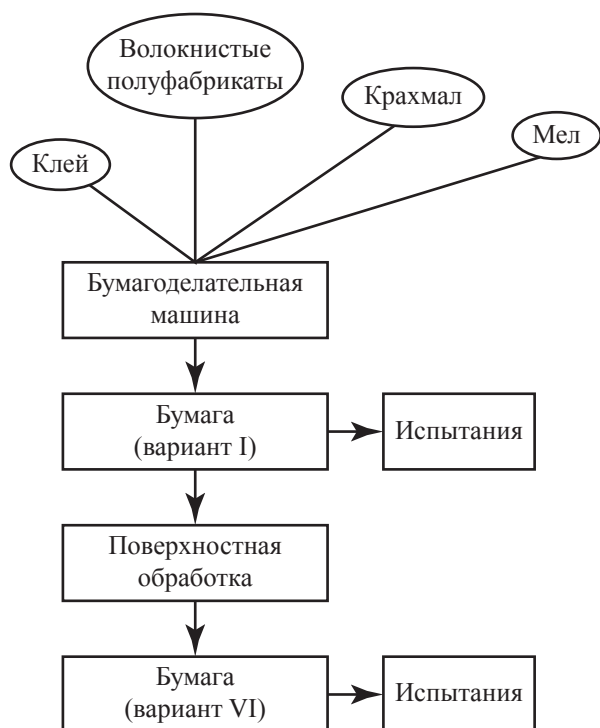


Рис. 1. Схема испытаний по вариантам № № I, VI

В соответствии с современными данными повышение содержания минерального наполнителя в бумаге в интервале от 13–14 до 19–20 % должно приводить к существенному снижению качества бумаги по показателям механической прочности – от 30 до 70 % [1, 2].

3. Во всех экспериментах отмечено улучшение печатных свойств бумаги – непрозрачность, шероховатость, просвечивание, стойкость поверхности к выщипыванию, красковосприимчивость (табл. 2).

4. Применение гидрогелей наноцеллюлозы совместно с традиционно используемой упрочняющей добавкой – крахмалом, существенно снижает эффективность действия нового материала (вариант V, табл. 1, 2).

Положительные результаты, полученные при выработке бумаги из первичных волокон (сульфатная беленая целлюлоза из хвойных и лиственных пород древесины)

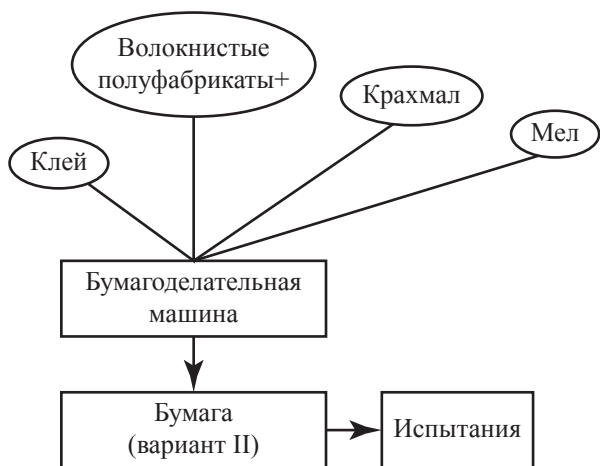


Рис. 2. Схема испытаний по варианту № II

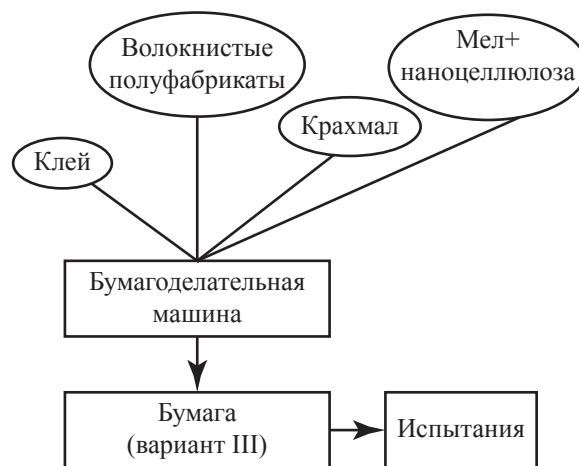


Рис. 3. Схема испытаний по варианту № III

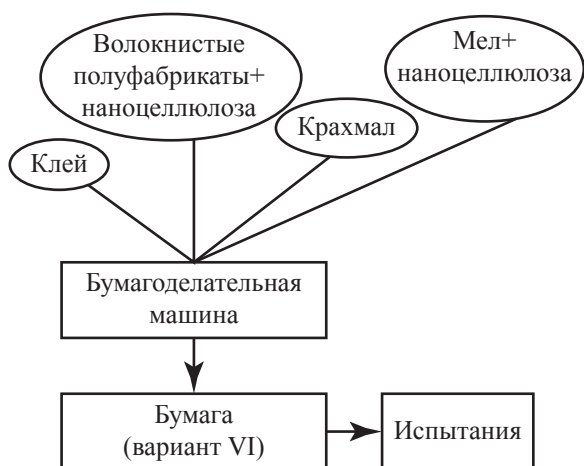


Рис. 4. Схема испытаний по варианту № IV

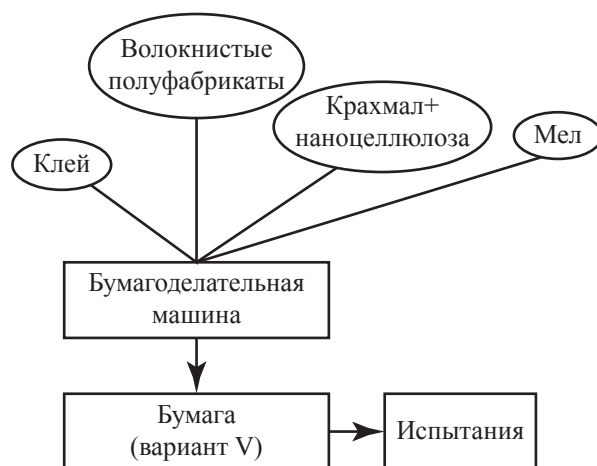


Рис. 5. Схема испытаний по варианту № V

позволили предположить, что влияние гидрогелей наноцеллюлозы на удержание частиц минерального наполнителя и повышение качества конечной продукции правомерно распространить на другие виды волокнистых полуфабрикатов – полуфабрикаты высокого выхода (нейтрально-сульфитная полуцеллюлоза) и сырье из вторичных волокон (макулатура).

Полуцеллюлоза и макулатура традиционно используются для выработки упаковочных видов бумаги и картона – бумаги для гофрирования и картона для плоских слоев гофрированного картона. Минеральные наполнители в этом случае не применяются. Однако бумажная масса из указанных полуфабрикатов содержит большое количество мелких волокон (длина не более 0,1 мм), которые при формовании полотна не удерживаются на сетке, попадая в подсеточную воду.

В первую очередь это касается волокнистой массы из макулатуры. Наличие мелкого волокна в подсеточной воде приводит к повышению кажущейся степени помола массы в напускных устройствах БДМ, что затрудняет обезвоживание полотна на сеточном столе, при прессовании и, в конечном итоге, затрудняет процессы сушки. К тому же мелкое волокно создает дополнительную нагрузку на системы локальной очистки оборотной воды на предприятии.

Предварительные лабораторные эксперименты, выполненные с применением в качестве волокнистого сырья макулатурной массы, отобранной на технологическом потоке ОАО «Каменская БКФ», полностью подтвердили предположение о положительном влиянии гидрогелей наноцеллюлозы на удержание мелкого волокна при формовании бумаги и картона. Было установлено, что

Показатели качества бумаги офсетной, выработанной с применением гидрогелей наноцеллюлозы

Наименование показателя	№ варианта						Метод испытаний
	I	II	III	IV	V	VI	
Масса бумаги площадью 1 м ² , г	68,8	77,2	77,8	81,2	78,9	75,8	ГОСТ 13199
Толщина, мкм	83	92	93	97	99	97	ГОСТ 27015
Плотность, г/см ³	0,83	0,84	0,84	0,84	0,80	0,83	ГОСТ 27015
Разрушающее усилие, Н: – машинное напр. – поперечное напр.	53,3 27,8	62,0 28,6	60,2 27,5	61,3 27,5	58,8 26,1	59,4 28,0	ГОСТ ИСО 1924-1
Удлинение при разрыве в поперечном направлении, %	4,6	5,0	4,8	4,8	4,1	4,2	ГОСТ ИСО 1924-1
Прочность на излом при многократных перегибах в поперечном направлении, ч.д.п.	18	16	19	16	15	18	ГОСТ 13525.2
Гладкость, с: – лицевая сторона – сеточная сторона	49 60	55 62	48 56	43 48	42 42	84 140	ГОСТ 12795
Массовая доля золы, %	13,6	17,4	16,6	19,4	14,0	14,5	ГОСТ 7269
Белизна, %: – лицевая сторона – сеточная сторона	80,7 81,0	81,0 81,2	81,1 81,5	81,0 81,3	81,1 81,5	81,1 81,3	ГОСТ 30113
Непрозрачность, %	91	93	93	94	93	93	ГОСТ 8874
Впитываемость при ОС (Кобб ₆₀), г/м ²	20,0	19,6	19,1	18,6	21,0	17,9	ГОСТ 12605
Шероховатость, мкм, PPS ₁₀ верх/сетка	5,4	4,9	5,0	5,1	5,1	4,4	ГОСТ 30115
Красковосприятие, дотт.	1,26	1,24	1,27	1,25	1,23	1,36	ГОСТ 24356
Просвечивание, дотт.	0,15	0,12	0,13	0,11	0,11	0,13	ГОСТ 24356
Прочность поверхности по Деннисон, N	–	Выщипывания в пределах NN 10-11 нет					Т 459 om 93
Удержание наполнителя, %	32,7	52,4	57,2	68,1	59,9	–	–

при расходе гидрогелей 5–7 кг/т содержание взвешенных веществ в подсеточной воде сокращалось с уровня 170–230 мг/л до уровня 55–130 мг/л. В дополнительных опытах было показано, что дальнейшее увеличение расходов гидрогелей до значений 50–55 кг/т не обеспечивает соответствующего осветления оборотной воды. Содержание взвешенных веществ сохранялось на прежнем уровне.

С целью дополнительного подтверждения полученных результатов нами выполнены расширенные испытания гидрогелей наноцеллюлозы при формовании бумаги для гофрирования из волокон нейтрально-сульфитной полуцеллюлозы, отобранных на технологическом потоке ООО «Пермский картон». Полученные результаты представлены в табл. 3.

Анализ подсеточной воды после изготовления лабораторных образцов (от-

ливков) полностью соответствовали полученным предварительным результатам. При использовании двух гидрогелей, отличающихся фракционным составом и содержанием сухих веществ, зафиксированы следующие эффекты.

1. Введение гидрогелей наноцеллюлозы в композицию бумажной массы приводит к существенному снижению степени помола волокнистой суспензии. Так, способность к водоотдаче волокнистого материала в контрольном образце составила 48–50° ШР. В присутствии гидрогелей (расход 5; 7 кг/т) указанный показатель существенно снижался до уровня 44–38° ШР. Обнаруженный эффект является исключительно важным для повышения производительности бумагоделательного оборудования и, в конечном итоге, для снижения себестоимости конечной продукции.

Результаты испытаний гидрогелей nanoцеллюлозы при формировании бумаги для гофрирования из нейтрально-сульфитной полуцеллюлозы

Гидрогель*	Показатели качества отливок				
	Расход, кг/т	Удельное сопротивление разрыву, кН/м	Сопротивление продавливанию, кПа	Сопротивление плоскостному сжатию гофрированного образца, Н	Сопротивление торцовому сжатию гофрированного образца, кН/м
0	0	7,7	440	319	2,18
1	5	7,8	470	345	2,44
	7	7,9	485	372	2,45
2	5	7,9	460	385	2,56
	7	7,8	500	378	2,47

*Примечание. 0 – контрольный вариант (без добавок гидрогелей). 1, 2 – гидрогели nanoцеллюлозы.

Влияние гидрогелей nanoцеллюлозы на свойства бумаги

Вариант обработки	Сопротивление плоскостному сжатию гофрированного образца бумаги, Н		Сопротивление торцовому сжатию гофрированного образца бумаги, кН/м		Сопротивление продавливанию, кПа
	Машинное направление	Поперечное направление	Машинное направление	Поперечное направление	
Контрольный	178	160	1,19	1,8	280
Гель 1	207	166	1,33	1,8	335
Гель 2	211	197	2,09	2,14	355

2. Формование бумаги и картона с использованием гидрогелей nanoцеллюлозы обеспечивает значительное осветление оборотной воды первого разбора. По сравнению с контрольными образцами содержание взвешенных веществ в подсеточной воде снижалось практически в два раза – со 110–120 мг/л до уровня 55–75 мг/л, что подтверждает результаты, полученные в предварительных экспериментах (см. выше). Дополнительный эффект состоит в том, что при изготовлении бумаги и картона из 100 % вторичного сырья, из технологического потока предприятия выводится мелкое волокно, отрицательно влияющее на качество продукции [3].

3. Повышенное удержание мелкого волокна привело к повышению поверхностной плотности отливок бумаги – со 124 до 128 г/м². Толщина образцов была практически постоянной и составила 0,25 мм.

Данные, представленные в табл. 3, свидетельствуют о возрастании наиболее важных показателей качества лабораторных моделей бумаги для гофрирования. Показа-

тель «прочность при разрыве» при этом сохраняется неизменным.

Увеличение показателя «сопротивление продавливанию» непосредственно связано с эффектом повышенного удержания мелкого волокна. Распределение мелких частиц внутри армирующей структуры из более крупных волокон обеспечивает формирование полотна с улучшенным просветом, что существенно влияет на сопротивление продавливанию.

Показатели жесткости образцов повышаются 10–20 % отн. Влияние гидрогелей nanoцеллюлозы на жесткость материала может быть обусловлено образованием жестких микропленок между элементами волокнистой структуры. Аналогичное воздействие гидрогелей nanoцеллюлозы на показатели качества было обнаружено нами ранее при изготовлении листовых материалов из древесины (фанера) [4].

Увеличение показателей качества бумаги и картона из макулатуры при применении гидрогелей nanoцеллюлозы может быть достигнуто и путем поверхностной обра-

ботки полотна. Результаты экспериментов, выполненных на промышленных образцах бумаги для гофрирования, представлены в табл. 4. Удельное сопротивление разрыву, как и при добавлении гидрогелей наноцеллюлозы в композицию бумажной массы, сохранялось на одном уровне и в наших экспериментах составило 7,0 и 3,6 кН/м в машинном и поперечном направлениях соответственно.

Степень влияния поверхностной обработки на показатели качества бумаги сопоставима со степенью влияния гидрогелей наноцеллюлозы при формовании полотна на бумагоделательной машине (см. выше). Так, сопротивление плоскостному сжатию в результате обработки повысилось на 16–23 % отн.; сопротивление торцовому сжатию – на 10 – 50 % отн.; сопротивление продавливанию – на 20–27 % отн.

Таким образом, на основании проведенных экспериментов правомерно сделать следующие выводы.

1. В результате выполненной работы показано, что введение гидрогелей наноцеллюлозы в композицию бумажной массы оказывает положительное влияние на степень удержания минеральных наполнителей и мелкого волокна. Установленный эффект не зависит от вида волокнистого полуфабриката (первичные волокна, макулатура), природы мелких частиц (неорганическая, органическая) и степени разработки волокнистой массы (степень помола). Следовательно, воздействие гидрогелей на свойства бумажной массы определяется преимущественно природой наноцеллюлозы и в малой степени определяется видом волокнистого сырья и применяемыми при изготовлении бумаги и картона веществами, основными и вспомогательными химикатами.

2. Повышение удержания минеральных наполнителей и мелкого волокна позволяет повысить производительность бумагоделательного оборудования из-за снижения водоудерживающей способности бумажной массы, уменьшить удельные нормы расхода за счет более полного использования растительного сырья и минеральных наполните-

лей, снизить себестоимость конечной продукции.

3. Улучшение работы мокрой части бумагоделательного оборудования неразрывно связано с выпуском бумаги и картона повышенного качества. Наряду с регламентируемыми показателями качества необходимо рассмотреть такой, как «разносторонность полотна». Увеличение доли мелких частиц различной химической природы в армирующей структуре из более крупных волокон приводит к равномерности полотна не только в горизонтальной плоскости, но и в направлении, перпендикулярном плоскости листа (Z-направление). В результате снижается разница в свойствах между сеточной и лицевой сторонами бумажного полотна. Получаемая при этом продукция характеризуется меньшей скручиваемостью, короблением и деформацией при изменении относительной влажности и при смачивании водой. Последний параметр особенно важен для бумаги офсетной, предназначенной для листовой многокрасочной печати способом плоской печати.

4. Снижение количества мелочи в оборотной воде обеспечит меньшую нагрузку на системы локальной очистки предприятий.

5. Поверхностная обработка бумаги и картона с применением клеильного пресса, так же как и добавление гидрогелей наноцеллюлозы в композицию бумажной массы, позволяет повысить большинство ключевых показателей качества массовых видов бумаги и картона.

Библиографический список

1. Иванов, С.Н. Технология бумаги / С.Н. Иванов. – М.: Лесная пром-сть, 1970. – 696 с.
2. Фляте, Д.М. Свойства бумаги / Д.М. Фляте. – СПб.: НПО «Мир и Семья»-95», ООО «Интерлайн», 1999. – 384 с.
3. Дулькин, Д.А. Развитие научных основ и совершенствование процессов технологии бумаги и картона из макулатуры: дисс. ... д-ра техн. наук / Д.А. Дулькин. – Архангельск, 2008. – 44 с.
4. Воскобойников, И.В. Использование нанокристаллической целлюлозы для модифицирования древесно-слоистых пластиков / И.В. Воскобойников, С.А. Константинова, А.Н. Коротков, Л.С. Гальбрайт и др. // Химия растительного сырья. – 2011. – № 3. – С. 43–46.

ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩЕГО ПОЛИМЕРНОГО СУПЕРКОНЦЕНТРАТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

С.А. КОНСТАНТИНОВА, *гл. науч. сотрудник ФГУП «ГНЦ ЛПК»*, канд. биол. наук,
В.М. ЩЕЛОКОВ, *зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК»*,
И.В. ВОСКОБОЙНИКОВ, *зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК» по науке, д-р техн. наук*

gnclpk@mail.ru

Добавление неорганических дисперсных армирующих агентов (наполнителей) к полимерным материалам позволяет создавать композиционные материалы с наименьшими затратами и улучшенными физико-механическими свойствами.

Использование неорганических наполнителей, таких как слюда, стекловолокно и т. д. сопряжено с рядом трудностей в процессе изготовления. В силу своих физических свойств эти абразивные наполнители значительно ускоряют износ рабочих органов оборудования, снижают сроки его эксплуатации. Компаунды на их основе являются хрупкими, обладают высокой удельной плотностью, что ограничивает число их потенциальных применений. Многих из вышеуказанных проблем удается избежать при использовании целлюлозосодержащих наполнителей.

Несмотря на то, что целлюлозные наполнители для полимерных термопластичных смол хорошо известны, до недавнего времени их использование ограничивалось неэффективным распределением частиц в термопластичной матрице. Это продиктовано отсутствием химической толерантности между наполнителем и матрицей в силу химических свойств этих веществ: применяемые смолы чаще всего гидрофобны и неполярны, а древесные частицы напротив – гидрофильны и полярны.

Поэтому при обычном введении древесных частиц в полимерную матрицу получают наполненные полимерные системы, в которых роль наполнителя сводится к удешевлению цены конечного продукта, при этом полученные материалы обладают не очень высокими механическими свойствами, низкой стойкостью к внешним воздействиям и плохой технологичностью.

От традиционных древесно-наполненных пластмасс древесно-полимерные композиционные материалы отличаются высоким (более 50 %) содержанием древесины по массе в составе общей композиции и соответствующим ее влиянием на свойства готового продукта. В случае, когда наполнителя немного, свойства получаемого материала определяются в основном свойствами самой обволакивающей его полимерной матрицы. А когда древесины становится больше, то свойства композита определяются свойствами матрицы, свойствами частиц древесины, характером связей между древесными частицами и матрицей, структурой полученного композита.

Порода древесины, из которой изготовлен дисперсный целлюлозный наполнитель, также имеет существенное значение. Например, надо учитывать, что выделение смолистых веществ при переработке хвойных пород древесины, в процессе производства может создавать ряд дополнительных трудностей.

Систематизация данных по применению целлюлозных наполнителей в термопластичных композициях позволила конкретизировать круг их приемлемых параметров как по условиям приготовления и переработки композиций, так и по природе древесины. В процессе производства большее значение имеют размер и форма древесных частиц. Наиболее часто используются древесная мука (дисперсность 0,01–1 мм) и опилки (от 1 до 8 мм), реже – стружка (10–20 мм) или частицы принудительных форм: чешуйчатые, волокнообразные и др. Мука с небольшим размером древесных частиц повышает жесткость, но ухудшает ударопрочность. Крупные частицы древесины повышают прочность, де-

лают продукт легче, их выгоднее применять с экономической точки зрения, но труднее вводить в композит, что снижает производительность перерабатывающего оборудования.

В качестве термопластичного полимерного связующего при изготовлении композиционных материалов обычно используют: полиэтилены (ПЭ), полипропилены (ПП), сополимеры этилена с пропиленом и другими олефинами, сополимеры этилена с винилацетатом (сэвилены), полистирол и его сополимеры, поливинилхлорид, полиметилметакрилат, полиамиды, их смеси или сплавы и другие (включая вторичные) термопластичные материалы с температурой переработки не выше температуры термоокислительной деструкции целлюлозного наполнителя.

Содержание термопластичной полимерной матрицы можно варьировать в широких пределах. Однако в зависимости от заданных технико-экономических характеристик получаемых композиций количественное содержание любого из компонентов имеет важное значение.

Одним из значимых аспектов, определяющих структурообразующие процессы в композите, является введение в его состав, непосредственно в производственном процессе, специальных добавок (до 10 %), что приводит к комплексному изменению физико-химических свойств состава: улучшению межфазной адгезии, снижению его вязкости, улучшению текучести, повышению удельных механических характеристик по сравнению с исходными компонентами.

В качестве традиционных целевых добавок обычно используют связующие и диспергирующие агенты, смазки, вспенивающие агенты, процессинговые добавки, антиоксиданты, противоударные модификаторы, световые стабилизаторы и пигменты, фунгициды, температурные стабилизаторы, огнезащитные средства и др.

Термопластичные древесно-полимерные композиционные материалы (ДПКМ) состоят из древесины, термопластичной базовой смолы, образующей полимерную матрицу, и комплекса технологических и функциональных добавок. Общие принципы

формирования рецептур ДПКМ совпадают с принципами формирования рецептур обычных термопластичных материалов. Добавки (аддитивы) используются из арсенала выработанного для экструзии и литья пластмасс, но в несколько иных соотношениях и, как правило, в больших количествах. Имеются необходимые разработки комбинаций добавок, специально разрабатываемых для переработки ДПКМ [1].

Перспективным является и использование древесного волокна по типу применяемого в производстве твердых ДВП, МДФ и бумаги, получаемых методом дефибриляции, т.е. расщепления древесины на волокна, в т.ч. из картонных и бумажных отходов (макулатуры).

Разработка и совершенствование составов (рецептур) является одной из наиболее актуальных тем научно-технической проблематики производства и применения композиционных материалов.

Основными задачами при разработке рецептур термопластичных ДПКМ являются обеспечение получения заданных свойств готовых продуктов с учетом их конкретных назначений, в т.ч. прочности, долговечности и т.д.; улучшение качества форм и поверхностей получаемых изделий; повышение скорости экструзии; снижение себестоимости изделий.

Качество экструдированного профиля зависит от ряда взаимосвязанных факторов. В их числе качество исходного сырья, рецептура смеси (соотношение компонентов: смола и применяемые добавки); конструктивные особенности экструдера; технологические особенности и др.

Экструзионная смесь может быть получена 4-мя способами: смешением всех компонентов в экструдере (прямая экструзия); часть компонентов (смола, древесина и некоторые добавки) приготавливается в смесителе, остальные добавки вводятся в экструдер; все добавки или их часть вводятся в экструдер в пакетной форме; при экструзии используется готовый суперконцентрат (компаунд) в гранулированном или сыпучем виде.

Получение высоконаполненных композитов на основе термопластичных поли-

мерных связующих и древесных волокон в первых трех случаях требует подготовки наполнителя, смешивания компонентов для последующего термоформования полученной композиции. Недостатками данных процессов является относительно низкая однородность смеси, необходимость соблюдения определенного порядка смешения дисперсных компонентов. При этом возможны колебания качества исходного сырья в различных партиях поставок, поэтому следует постоянно контролировать качество экструдированного профиля и при необходимости, корректировать рецептуру смеси, что, в свою очередь, приводит к повышенной энергоемкости переработки и высоким эксплуатационным затратам.

При четвертом способе система закрытая, и ее регулирования практически не требуется. В данном случае обеспечивается стабильный процесс экструзии, улучшаются физико-механические и эстетические свойства изделий, снижается токсичность процесса, уменьшаются показатели летучести, повышается эффективность транспортировки суперконцентрата к местам производства КМ.

Хотя механика процесса переработки термопластичных ДПКМ принципиально не отличается от процесса экструзии обычных пластмасс, есть обстоятельства, на которые следует обратить особое внимание: более высокая вязкость рабочей смеси, плохая смазываемость древесных частиц расплавленной смолой, слабая адгезия между древесными частицами и базовой смолой, особенно при использовании полиолефиновых смол.

Поэтому при экструзии ДПКМ необходимо использование связующих агентов и достаточного количества смазок и других процессинговых агентов, облегчающих истечение расплава и обеспечивающих лучшее качество поверхностей, особенно кромочных элементов профиля. Эти же обстоятельства предъявляют и некоторые специфические требования к параметрам оборудования (система подготовки смеси, мощность, давление, конструкция и конфигурация шнеков экструдера и фильеры и т.д.).

Добавки для производства термопластичных ДПКМ условно можно разделить на

две группы: функциональные и технологические. К функциональным относятся добавки, определяющие свойства композита, к технологическим – влияющие на течение процесса. На практике одна и та же добавка может играть одновременно обе роли. Разработка рецептуры термопластичного ДПКМ – это подбор нескольких необходимых добавок с учетом используемого оборудования и требований к качествам и свойствам выпускаемого продукта.

В настоящей работе при получении целлюлозосодержащего полимерного суперконцентрата и древесно-полимерных композиционных материалов на его основе использовали традиционное технологическое оборудование и материалы, что свидетельствует о промышленной применимости полученных результатов.

Целлюлозный наполнитель – древесная мука ГОСТ 16361-87;

Полиэтилен высокой плотности ГОСТ 16338-85, плотность 096 г/см³, прочность при разрыве не менее 24МПа (239,1 кгс/см²), предел текучести при растяжении не менее 21,6 МПа;

Этиленвинилацетат (сэвилен) – ТУ-6 – 05-1636-97, марка 11908-125, содержание винилацетата 26–28 %, плотность 0,947 г/см³, прочность при разрыве не менее 6 МПа.

Данный полиолефин, получают в результате сополимеризации этилена и мономера винилацетата. Добавление этиленвинилацетата в композиционную смесь изменяет реологические свойства композиционного состава, что проявляется в увеличении когезии, повышении вязкости и модуля жесткости при повышенной температуре, что, в свою очередь, способствует увеличению устойчивости к постоянным деформациям, большей упругости при низкой температуре; меньшей термической чувствительности, увеличению растяжимости и предела усталости. Высокие адгезионные свойства сэвилена обеспечивают его энергетическую совместимость с целлюлозосодержащими компонентами;

Сверхмолекулярный полиэтилен – CESTILENE HD – 1000, молекулярный вес не менее $4,5 \cdot 10^6$ г/моль.

Данный полиолефин обладает следующими свойствами: высокая прочность и ударная вязкость в широком диапазоне температур, высокие показатели по скольжению и износостойкости, высокая химическая стойкость к агрессивным средам, высокая светостойкость и водостойкость.

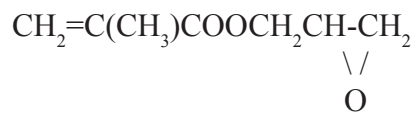
Линейный полиэтилен низкой плотности – ГОСТ 16337-77, плотность 0918 г/см³, прочность при разрыве не менее 32 МПа, предел текучести при растяжении не менее 10 МПа.

Данный полиолефин применяется для улучшения геометрической стабильности, улучшения механических свойств, улучшения устойчивости к низким температурам, уменьшения формирования микротрещин, уменьшения влагопоглощения.

Поливинилденфторид – кристаллический полиолефин, чрезвычайно стойкий к внешним воздействиям, обладающий следующими свойствами: высокая механическая стойкость, твердость, сопротивление к нагрузкам, в том числе при низких температурах, химическая стойкость, водостойкость, высокая допустимая температура работы (150 °С), высокое сопротивление к истиранию, физиологическая нейтральность, устойчивость к ультрафиолетовому облучению и атмосферным явлениям, хорошие свойства трибологии.

Молекула поливинилденфторида содержит два атома фтора, благодаря чему имеет высокий электроотрицательный поверхностный заряд, за счет которого образуется ориентированный адсорбционный слой между компонентами смеси;

Компатибилизатор в виде графт полиолефина на основе полиэтилена высокой плотности с привитым глицидилметакрилатом, марки «Олентен» (изготовитель ООО «Олента», технология ООО «Графт-Полимер» РФ). Использование данного препарата при получении КМ повышает эффективную совместимость между полимерной матрицей и целлюлозосодержащим наполнителем на основе хвойных пород древесины. Данные обстоятельства объясняются наличием в глицидилметакрилате



метакриловой и эпоксидной групп, сочетающих химические свойства акрилатов, реагирующих со стиролом, акрилатами и др., и эпоксидов, реагирующих с аминами, фенолами, кетонами, карбоновыми кислотами, галогенсодержащими и спиртовыми группами, наиболее характерными для целлюлозы хвойных пород древесины.

При получении КМ на основе суперконцентрата и инженерных пластиков использовали: полипропилен (ПП), полиамид (ПА), акрилонитрилбутадиенстирол (АБС), стиролакрилонитрил (САН), полистирол общего назначения (ПСОН).

Для получения целлюлозосодержащего полимерного суперконцентрата и композиционных материалов на его основе использовалось лабораторное оборудование: измельчители для получения порошкообразных полимерных материалов, смеситель, озонаторы; шнековый экструдер; гранулирующая головка и другое оборудование, предназначенное для изготовления композиционных конструкционных материалов и осуществления оценки их технических характеристик: ГОСТ 11262-80 – для определения прочности и относительного удлинения при разрыве. Разрывная машина тип 1104000 производства Италии. Оценка испытываемых образцов композиционных материалов по водопоглощению осуществлялась с использованием технологических ванн и времени выдержки образцов 24 часа [3].

Процесс получения базового целлюлозосодержащего полимерного суперконцентрата заключался в пластификации при экструдировании следующих дисперсных компонентов: целлюлозного наполнителя, термопластичной полимерной матрицы, состоящей из полиэтилена высокой плотности, компатибилизатора в виде графт полиолефина на основе полиэтилена высокой плотности, к молекулярной структуре которого привит глицидилметакрилат – органическое соединение, содержащее метакриловые группы, и смазочного агента – смесь предваритель-

но озонированных гомологов полиэтилена в виде сверхмолекулярного полиэтилена, линейного полиэтилена низкой плотности и этиленвинилацетата при соотношении их 1 : 3 : 5. В качестве графт полиолефина использовали полиэтилен с привитым органическим соединением, к метакриловым группам которого присоединены концевые эпоксидные группы, при этом использовали следующее мас. % содержание компонентов (табл. 1):

При озонировании названных компонентов использовали озоновоздушную смесь, при концентрации озона 5–15 % и процесс осуществляли при температуре не более 25–35° С.

Соотношение компонентного состава для получения композиционного древесно-полимерного материала на основе различных термопластичных полимерных матриц и суперконцентрата приведено в табл. 2.

В качестве полимерной матрицы использовали полиэтилен, полипропилен, полиамид, акрилонитрилбутадиенстирол, стиролакрилонитрил, или полистирол общего назначения.

Благодаря использованию в процессе пластификации перечисленной выше смеси (табл. 1) предварительно озонированных гомологов полиэтилена и указанного компатибилизатора при заданном содержании их в экструдруемом потоке обеспечивается эффективная энергетическая совместимость используемых дисперсных компонентов внутри потока, за счет:

- изменения поверхностных энергетических свойств используемых гомологов полиэтилена при их озонировании, в процессе которого в молекулярной структуре используемых полимеров происходит поверхностное формирование функциональных полярных групп: пероксидных и гидропероксидных, наличие которых способствует устойчивому образованию химических ковалентных и водородных связей между целлюлозосодержащими компонентами и полимерной матрицей;

- использования в составе смазочного агента смеси синергетически совместимых

гомологов полиэтилена при оптимально подобранном их соотношении;

- использования в составе компатибилизатора в виде графт полиолефина на основе полиэтилена высокой плотности, к молекулярной структуре которого привит глицидилметакрилат, сочетающий химические свойства акрилатов, реагирующих со стиролом, акрилатами и др., и эпоксидов, реагирующих с аминами, фенолами, кетонами, карбоновыми кислотами, галогенсодержащими и спиртовыми группами;

- введения в поток экструдирования предварительно озонированного поливинилденфторида, повышающего поверхностную активность компонентов внутри потока и снижающего фрикционные свойства последнего при контакте с технологическими узлами экструдера.

Использование полученного суперконцентрата на основе указанных ингредиентов в составе инженерных пластиков способствует созданию композиционных материалов инженерно-технологического назначения с заданными физико-механическими свойствами по прочности и влагостойкости.

Указанные выше преимущества полученного целлюлозосодержащего полимерного суперконцентрата на основе целлюлозных

Т а б л и ц а 1

Базовый состав целлюлозосодержащего-полимерного суперконцентрата

Наименование компонента	Массовое % содержание компонентов
Полиэтилен высокой плотности	10–30
Смазочный агент	5,5–17,5
Графт полиолефин	2–6
Предварительно озонированный поливинилденфторид	0,5–1,3
Древесная мука	Остальное

Т а б л и ц а 2

Соотношения компонентного состава при получении ДПКМ

Наименование компонента	Массовое % содержание компонентов
Суперконцентрат	30–70
Полимер	70–30

наполнителей и термопластичной матрицы обосновываются известными процессами по изготовлению композиционных материалов на основе модифицированных [2, 4] полимерных компонентов.

Использование модифицированных полиолефинов приводит к синергизму адгезионной прочности компонентов, обеспечивая улучшение физико-механических свойств, недоступных каждому компоненту в отдельности.

Одним из методов модифицирования молекулярной структуры полиолефинов является их озонирование [4], способствующее образованию в них пероксидных и гидропероксидных групп, инициирующих радикальную прививочную сополимеризацию различных гомологов полиолефинов.

Известно, что для образования химически активных реакционноспособных групп на молекулярной поверхности полимеров, предпочтительно использовать поверхностную прививку ненасыщенной карбоновой кислоты и/или ангидрида ненасыщенной карбоновой кислоты, при этом процесс поверхностной прививки наиболее эффективен при использовании предварительно озонированных полиолефинов для повышения их химической активности [2].

Указанный ингредиентный состав используемых компонентов для получения целлюлозосодержащего-полимерного суперконцентрата и их процентное содержание оптимально. Изменение компонентов в композиционном составе приводит к ухудшению процесса адгезионной совместимости полиолефинов и целлюлозного наполнителя, а также технологических свойств получаемых КМ.

Разработанная смесь полиолефинов, используемых в смазочном агенте (лубриканте), оптимальна: по условиям обеспечения адгезионной совместимости компонентов с дисперсной средой полимерной матрицы и целлюлозосодержащего наполнителя; по условиям создания стабильного потока экструдирования.

При уменьшении количества линейного полиэтилена низкой плотности и сэвилена

в составе смазочного агента происходит дестабилизация текучести многокомпонентной системы в экструзионном потоке и ухудшается дисперсия компонентов в процессе экструдирования. Увеличение этих компонентов в названном составе увеличит затратную часть на изготовление суперконцентрата и приведет к дестабилизации технических характеристик получаемых композиционных материалов.

Определенное количественное содержание компатибилизатора наиболее эффективно по затратной части и по эффективности его связующих свойств. Количественное содержание данного компатибилизатора оптимально по условиям получения целлюлозосодержащего полимерного суперконцентрата и композиционных материалов на его основе с заданными свойствами по прочности. Известно, что компатибилизаторы при получении композиционных материалов с использованием дисперсных целлюлозосодержащих компонентов являются модификаторами ударной прочности.

Указанное количественное поливинилденфторида оптимально по условиям использования фторированных агентов в процессе получения древесно-полимерных материалов. Использование фторполимеров в этих процессах уменьшает распад расплава в полиэтилене, снижает налипание линейного полиэтилена низкой плотности (ЛПЭНП) на стенке канала экструдера. Способность мигрирования фторполимеров к поверхности расплава стимулирует проскальзывание смеси в канале, снижает адгезию к металлу и разбухание экструдированного потока.

Процесс получения целлюлозосодержащего полимерного суперконцентрата осуществляют следующим образом: стандартные гранулы (3–5 мм) полиолефинов: сверхмолекулярный полиэтилен, линейный полиэтилен низкой плотности и этиленвинилацетат предварительно измельчают до требуемой дисперсности от 100 мкм до 1000 мкм. Измельченные в порошок поступают в бункер загрузки озонатора, в котором осуществляют газохимическую модификацию каждого компонента при содержании озона (O_3) от 5 % до 15 % и температуре, предпоч-

тительно 30 °С. В процессе озонирования на поверхности молекулярных структур полиолефинов формируются функциональные пероксидные и гидропероксидные группы. При озонировании использовали следующие порошки: сверхмолекулярный полиэтилен дисперсностью 150 мкм в количестве 0,12 кг, линейный полиэтилен низкой плотности дисперсностью 300 мкм в количестве 0,38 кг, сэвилен – дисперсностью 300 мкм в количестве 0,63 кг.

После озонирования указанные порошкообразные компоненты смешивались с порошкообразным полиэтиленом высокой плотности, древесной мукой и компатибилизатором в смесителе (табл. 3).

В качестве контрольных материалов использовались смазочные агенты в виде смеси немодифицированных гомологов полиэтилена с добавлением компатибилизатора (табл. 4) и без него (табл. 5).

Полученные после смешивания композиционные составы, приведенные в табл. 1–3, подвергались пластификации путем их экструдирования с использованием лабораторного шнекового экструдера. В результате чего на выходе из экструдера количество суперконцентратов составило 10 кг, 9,5 кг и 9 кг соответственно. Потери составили 1 %, 5,95 % и 10,9 % масс. %.

Данные результаты свидетельствуют о недостаточности энергетической эффективности смазочных агентов в контрольных образцах № 2 и № 3. Отсутствие компатибилизатора в контрольном образце № 3 и использование в контрольных образцах № 2 и № 3 смазочного агента в виде немодифицированных полиолефинов свидетельствует об ухудшении дисперсии компонентов в экстрюзонном потоке и его текучести.

Физико-механические свойства полученных образцов № 1 и № 2 оценивали по силе адгезии к алюминиевой фольге и ткани. Данные оценочные испытания необходимы для определения последующих физико-механических свойств композиционных материалов. Для определения силы адгезии использовали пластичные гранулы суперконцентратов

Т а б л и ц а 3

Количественный расход компонентов при производстве базового целлюлозосодержащего-полимерного суперконцентрата. Образец № 1

Наименование компонента	Количество
Полиэтилен высокой плотности	2 кг
Компатибилизатор	0,4 кг
Целлюлозный наполнитель (древесная мука)	6,47 кг
Предварительно озонированный сверхмолекулярный полиэтилен	0,12 кг
Предварительно озонированный линейный полиэтилен низкой плотности	0,38 кг
Предварительно озонированный сэвилен	0,63 кг
Предварительно озонированный поливинилденфторид	0,1 кг
Общее количество смеси	10,1 кг

Т а б л и ц а 4

Количественный расход компонентов при создании целлюлозосодержащего-полимерного суперконцентрата на основе немодифицированных гомологов полиэтилена с добавлением компатибилизатора. Образец № 2

Наименование компонента	Количество
Полиэтилен высокой плотности	2 кг
Компатибилизатор	0,4 кг
Целлюлозный наполнитель (древесная мука)	6,47 кг
Сверхмолекулярный полиэтилен	0,12 кг
Линейный полиэтилен низкой плотности	0,38 кг
Сэвилен	0,63 кг
Поливинилденфторид	0,1 кг
Общее количество смеси	10,1 кг

Т а б л и ц а 5

Количественный расход компонентов при создании целлюлозосодержащего-полимерного суперконцентрата на основе немодифицированных гомологов полиэтилена без добавления компатибилизатора. Образец № 3

Наименование компонента	Количество
Полиэтилен высокой плотности	2 кг
Целлюлозный наполнитель (древесная мука)	6,47 кг
Сверхмолекулярный полиэтилен	0,12 кг
Линейный полиэтилен низкой плотности	0,38 кг
Сэвилен	0,63 кг
Поливинилденфторид	0,1 кг
Общее количество смеси	9,7 кг

Свойства целлюлозонаполненных термопластичных композиционных материалов на базе различных инженерных пластиков

Наименование показателей	ПП: К1*/ПП:К2**		ПА: К1/ПА:К2		АБС: К1/ АБС: К2		САН: К1/ САН: К2		ПСОН: К1/ ПСОН: К2	
	70 %: 30 %	50 %: 50 %	70 %: 30 %	50 %: 50 %	70 %: 30 %	50 %: 50 %	70 %: 30 %	50 %: 50 %	70 %: 30 %	50 %: 50 %
Плотность, г/см ³	1,16/1,05	1,22/1,1	1,24/1,12	1,4/1,3	1,05/1,0	1,12/1,05	1,07/1,0	1,12/1,1	1,05/1,0	1,13/1,1
Прочность при растяжении, МПа	32/30	34/32	43/40	38/35	49/45	37/33	68/65	72/69	54/50	46/42
Изгибающее напряжение при максимальной нагрузке, МПа, не менее	50/45	54/48,7	90/82	110/99	65/58,5	70/63	90/82	110/99	90/82	67/60,5
Относительное удлинение при разрыве, %			78,65/ 70,7	65/58	19/17,1	15/13,5	68,3/ 61,5	54,3/ 48,9	26/23,5	16/14,5
Водопоглощение, % в воде за 24 часа при + 23 °С	–	–	1,2/1,3	0,9/1,04	1,2/1,38	0,9/1,04	1,2/1,38	0,9/1,04	1,2/1,38	0,9/1,05

*К1–суперконцентрат на основе целлюлозных наполнителей и термопластичной матрицы, полученный в образце № 1; **К2–суперконцентрат на основе целлюлозных наполнителей и термопластичной матрицы, полученный в образце № 2.

диаметром не менее 0,05 мм. Al-фольгу размером 10 × 10 см², ткань (хлопок) размером 10 × 10 см². В результате исследований сила адгезии суперконцентратов составила:

образец № 1 – 600 г/ см² к Al-фольге, 2600 г/ см² к ткани;

образец № 2 – 300 г/ см² к Al-фольге, 1500 г/ см² к ткани.

Полученные после охлаждения гранулы суперконцентратов № 1 и № 2 использовались для получения композиционных материалов на базе следующих пластиков: полипропилен (ПП), полиамид (ПА), акрилонитрилбутадиенстирол (АБС), стиролак-рилонитрил (САН), полистирол общего назначения (ПСОН) при содержании каждого названного пластика в количестве 30 и 50 мас. % и суперконцентратов № 1 и № 2 – 70 и 50 мас. % соответственно.

Полученные композиционные материалы и результаты их испытаний приведены в табл. 6.

Из приведенных в табл. 6 результатов следует, что использование целлюлозосодержащего полимерного суперконцентрата, для получения различных композиционных ма-

териалов приводит к повышению прочности и влагостойкости материалов, предлагаемых для создания качественных конструкционных, защитных, износостойких облегченных изделий, для изготовления деталей и узлов оборудования, изделий общетехнического и инженерно-технического назначений, электроизоляционных материалов, стойких к действию агрессивных сред, климатических условий, динамических нагрузок, знакопеременных температур.

Библиографический список

1. Клесов, А.А. Древесно-полимерные композиты; пер. с англ. / А.А. Клесов. – СПб./ НОТ. – 2010. – 736 с.
2. Волков, В.П. и др. Способ получения модифицированных полиолефинов; патент на изобретение РФ № 2359978, МКИ: C08F255/02, ООО Графт-Полимер. Опубликовано 27.06.2009г.
3. Stark, N. “Influence of Moisture Absorption on Mechanical Properties of Wood Flour-Polypropylene Composites.” *Journal of Thermoplastic Composite Materials* 14, 2001
4. DuBois, D. A./ Telechelic polymers are produced by ozonation degradation of diene polymers/ US Patent № 6420490, IC: C08F 8/32/Kraton Polymers U.S. LLC / Published 16.06.2002

ПОЛУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИЙ

И.В. ВОСКОБОЙНИКОВ, зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК» по науке, д-р техн. наук,
В.А. КОНДРАТЮК, проф., ген. директор ФГУП «ГНЦ ЛПК», д-р экон. наук,
С.А. КОНСТАНТИНОВА, гл. науч. сотрудник ФГУП «ГНЦ ЛПК», канд. биол. наук,
А.Н. КОРОТКОВ, мл. науч. сотрудник ФГУП «ГНЦ ЛПК», канд. хим. наук

gnclpk@mail.ru

Возрастающие объемы производства и потребления композиционных материалов в самых различных областях требуют решения двух взаимосвязанных задач – создание новых эффективных материалов и разработка способов утилизации материалов и изделий с истекшими сроками их эксплуатации. В решении этих задач все более заметное место занимают вопросы применения природных биodeградируемых полимеров и, прежде всего, целлюлозы, характеризующейся практически неограниченными запасами и естественным воспроизводством источников исходного сырья – целлюлозосодержащих растительных материалов. Дополнительным стимулом развития этого направления является внимание к инновационным технологиям, основанным на применении наноразмерных элементов структуры композиционных материалов, поскольку исходная надмолекулярная структура целлюлозы характеризуется наличием элементов наноразмерного уровня (кристаллитов) [4].

Кристаллические структуры отличаются высокими физико-механическими характеристиками и относительно высокой химической стабильностью. Потенциал использования надмолекулярной структуры целлюлозы с технологической точки зрения, в сочетании с его доступностью и возобновляемостью, дает возможность целлюлозе стать кандидатом для разработки и устойчивого развития инновационных технологий получения высококачественных материалов с добавленной стоимостью, основанных на применении диспергированных до наноразмерного уровня элементов структуры [1].

Природная целлюлоза под влиянием различных воздействий, например, при гид-

ролизе разбавленными минеральными кислотами, сравнительно легко деструктируется до фрагментов, отличающихся значительно большей устойчивостью к дальнейшему гидролизу – микрокристаллической целлюлозы (МКЦ). Производство МКЦ в промышленных масштабах распространено в большинстве развитых странах мира [2]. Несмотря на то, что объемы вырабатываемой в мире товарной МКЦ марок авицел, аверин [5], алицел, арбацел, даицел, микроцел [3], омницель, спектрум [6] и др. значительно уступают объемам производства большинства продуктов целлюлозно-бумажной промышленности, производство МКЦ принято относить к многотоннажным.

Большой интерес представляет способность целлюлозного волокна под действием высоких сдвиговых напряжений и ультразвукового воздействия диспергироваться в воде с образованием нанодисперсных систем, например, нанокристаллической целлюлозы (НКЦ), содержащих частицы длиной 100–2000 нм и толщиной 5–60 нм. Появились новые перспективные исследования нанокомпозитов на основе целлюлозного сырья, обладающие большим потребительским сегментом [7, 8], с уникальными эксплуатационными характеристиками (прежде всего прочностными), которые не могут быть созданы традиционным способом.

Максимальный предел прочности целлюлозы оценивается в 17,8 ГПа, что в 7 раз выше, чем у стали. Это дает возможность получения сверхпрочных и сверхлегких композиционных материалов нового поколения в комбинации с различными матрицами (сверхпрочная бумага, картон высокого качества, специальные покрытия, косметика, строительные конструкционные материалы) [9].

Влияние ионизирующего облучения (доза 20 Мрад) на характеристики целлюлозных материалов

Вид сырья	СП	Содержание СО- групп, %	Содержание СООН- групп, %
Целлюлоза сульфитная вискозная	200	0,151	0,468
Целлюлоза сульфатная лиственная	160	0,240	0,343
Целлюлоза сульфитная хвойная	180	0,293	0,791
Хлопковый линт	180	0,209	0,315
МКЦ хлопковая	120	0,214	0,235
МКЦ древесная	140	0,172	0,253

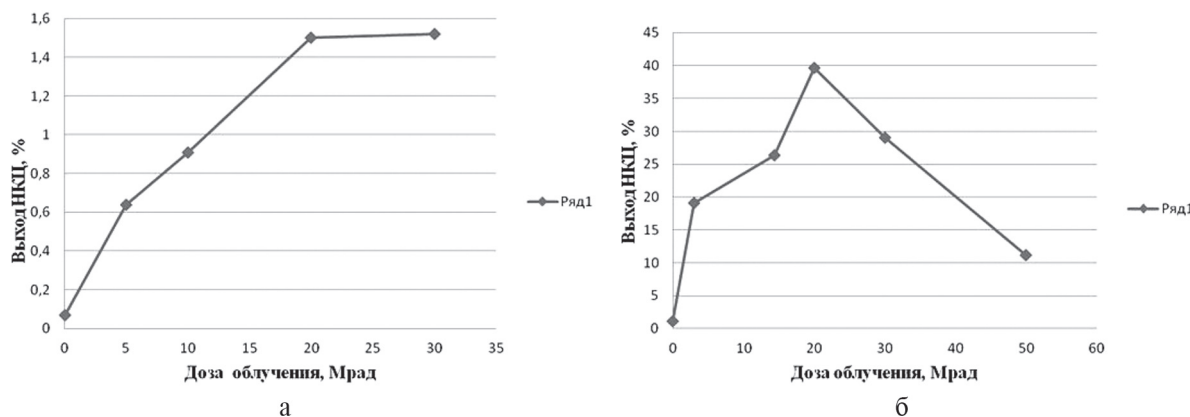


Рис. 1. Зависимость выхода НКЦ из а) вискозной сульфитной целлюлозы б) древесной микрокристаллической целлюлозы после гидролиза и ультразвуковой обработки от дозы γ – облучения

Использование при получении НКЦ различных прекурсоров – исходных целлюлозосодержащих материалов и условий их обработки обеспечивает возможность проведения исследований, направленных на разработку способов регулирования характеристик получаемых нанодисперсий (выхода конечного продукта, его функционального состава, степени дисперсности и распределения по размерам наночастиц) и свойств композиционных материалов, содержащих наноразмерные частицы – элементы структуры целлюлозы.

Способ решения задачи выделения наноразмерных кристаллитов определяется спецификой надмолекулярной структуры целлюлозы и должен быть основан на удалении разделяющих кристаллиты кинетически доступных аморфных областей в условиях кислотного гидролиза. Направление и интенсивность протекающих при этом процессов зависят от состава и надмолекулярной структуры исходных целлюлозосодержащих материалов. Самым распространенным на сегодняшний день способом получения водной

дисперсии НКЦ является жесткий селективный гидролиз исходной коммерческой микрокристаллической целлюлозы [10].

В современных технологиях все большее значение для ускорения процессов химической и ферментативной переработки древесины приобретает использование различных видов излучений, в том числе ионизирующих. До настоящего времени такой подход не был использован при получении нанокристаллической целлюлозы. В качестве первой стадии процесса получения НКЦ предложена предварительная обработка волокнистого сырья ионизирующим γ – излучением на установке ГАММАТОК-100. Согласно полученным данным (табл. 1), применение ионизирующего излучения привело к снижению степени полимеризации целлюлозы в 3,5–5,1 раза и микрокристаллической целлюлозы – примерно в 1,5 раза.

Для древесной целлюлозы при возрастании дозы облучения с 5 до 20 Мрад имеет место симбатное увеличение выхода НКЦ с выходом на плато при дозе облучения 20–30 Мрад (рис. 1 а), в то время как для МКЦ раз-

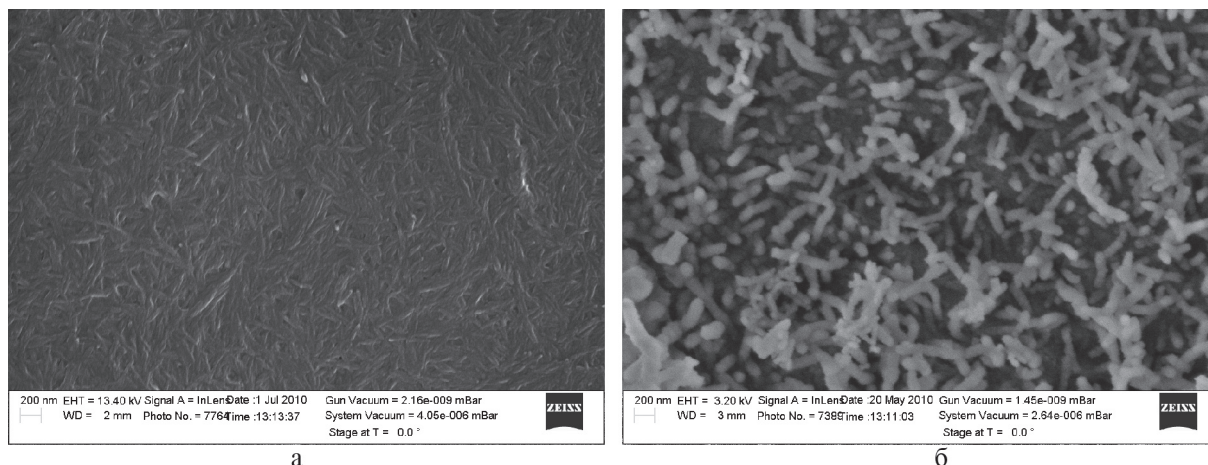


Рис. 2. Частицы НКЦ а) геля 1 б) геля № 2, выделенные из древесной МКЦ

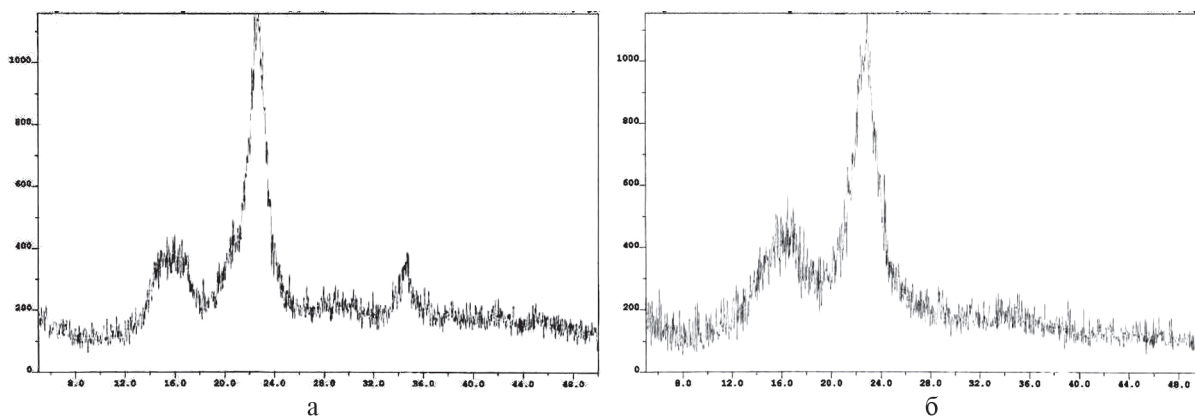


Рис. 3. Рентгенограмма образца а) древесной МКЦ б) выделенной из нее НКЦ

личного происхождения эта зависимость имеет экстремальный характер с максимумом в области дозы излучения 20–30 Мрад (рис. 1 б).

Изменение типа целлюлозного прекурсора и стадий процесса и условий проведения последующего гидролиза и ультразвуковой обработки привело к получению двух типов дисперсий наночастиц кристаллической целлюлозы, обладающих текучестью и отличающихся как внешне, так и по составу и свойствам. Определение концентрации наночастиц в полученных дисперсиях и устойчивости дисперсий к синерезису показало, что прозрачный гель имел низкую концентрацию наноцеллюлозы (до 5 %) и низкую устойчивость. Сметаноподобный гель имел повышенную концентрацию наноцеллюлозы (до 45 %) и проявлял высокую устойчивость. Характерной особенностью гидролиза МКЦ 3–10 %-ыми растворами серной кислоты является возможность получения на ее основе

дисперсий с наноразмерной величиной частиц в виде высококонцентрированного геля с выходом свыше 40 %.

В результате ультразвукового воздействия и последующего гидролиза МКЦ образуются наночастицы с широким распределением по размерам. При этом полученные из древесной микрокристаллической целлюлозы препараты НКЦ заметно отличаются по геометрическим характеристикам: частицы нанокристаллической целлюлозы прозрачного геля имели длину 100–500 нм, ширину 25–50 нм (рис. 2а), сметаноподобного геля – длину 100–900 нм, ширину 25–120 нм (рис. 2б).

Согласно данным рентгеноструктурного анализа (рис. 3), исходная древесная МКЦ и полученная из нее НКЦ не отличаются по типу кристаллической структуры: обе дифрактограммы типичны для целлюлозы I. По методу Сегала были рассчитаны значения индекса кристалличности образцов, составляющие для МКЦ 63 %, для НКЦ 71 %.

Механические характеристики плоскоклееных фланцев

Наименование показателя	Содержание НКЦ, %		
	0	2,5	5,0
Предел прочности при скалывании по клеевому слою, МПа	2,58±0,56	2,72±0,53	2,57±0,47
Прочность при изгибе вдоль волокон, МПа	102,3±21,7	116,2±15,0	117,6±9,9
Модуль упругости при изгибе вдоль волокон, МПа	10516±1231	12131±358	12292±486

Принципиально задача направленного изменения свойств целлюлозосодержащих материалов (картона и бумаги) может быть решена как введением наночастиц на заключительной стадии их получения путем обработки (пропитки) бумажных полотен, так и введением наночастиц в бумажную массу при формировании бумажного полотна. Было исследовано влияние на физико-механические характеристики трех видов бумаги (фильтровальной, газетной, писчей) введения НКЦ путем пропитки высушенных образцов бумаги разработанными дисперсными системами. Во всех случаях разрывное напряжение и модуль эластичности возросли при пропитке образцов. Наибольший интерес представляет результат, полученный при модифицировании бумаги низкоконцентрированным гелем: в поперечном направлении увеличение разрывного усилия составило 210, а модуля эластичности 137 % соответственно. В продольном направлении увеличение этих показателей составило 86 и 55 % соответственно.

Одним из перспективных направлений применения наноцеллюлозы является создание целлюлозных композиций, типичным представителем которых является высококачественная бумага, в состав которой наряду с волокнистой целлюлозой входят неорганические (каолин, мел) и органические (природные и синтетические полимеры, диспергаторы и др.) компоненты. При получении бумаги качество готового покрытия определяется способностью меловальных композиций не расслаиваться под действием напряжений сдвига, возникающих в зазоре между бумажным полотном и наносящим устройством. Технологической характеристикой этого показателя является величина водоудержания. Введение концентрированного геля в количестве всего 0,2 % НКЦ по сухому веществу

в дисперсию на основе каолина обеспечило повышение водоудержания в 1,5 раза, а в дисперсию на меловой основе – на 23–24 %.

Была исследована возможность повышения механических характеристик древесно-слоистых пластиков путем введения в состав связующего НКЦ. Введение в клеевой состав нанокристаллической целлюлозы приводит к повышению на 10–15 % модуля упругости и прочности при изгибе при продольном направлении волокон древесины (табл. 2).

Библиографический список

1. Кристаллическая целлюлоза: структура и водородные связи / В.И. Коваленко // Успехи химии. – 2010. – Т. 79. – № 3. – С. 261–272.
2. Зорина, Р.И. Промышленное использование МКЦ / Р.И. Зорина, В.А. Якушевский, О.И. Шаповалов // ЦБК. – 1982. – № 12. – С. 14–17.
3. Беляков, Н.А. Адсорбенты. Каталог-справочник / Н.А. Беляков, С.В. Королькова. – СПб.: МАЛО, 1997. – 50 с.
4. Klemm D. Nanocellulose materials – different cellulose, different functionality / D. Klemm, D. Schumann, F. Kramer, N. Hessler, N. Koth, D. Sultanova // Macromol. Symp. J. – 2009. – № 280. – P. 60–71.
5. Battista O. A. Microcrystalline Cellulose / O.A. Battista, P.A. Smith // Industrial and Engineering Chemistry. – 1962. – V. 54. – № 9. – P. 20–24.
6. William Robert O. Compaction properties of microcrystalline cellulose using tableting indicies // Drug Dev. and Ind. Pharm. – 1997. – V. 23. – № 7. – P. 695–704.
7. Iijima H. Microcrystalline cellulose: An overview. in «Handbook of Hydrocolloids» // Wood head Publishing Limited: Cambridge, 2000. – P. 331–346.
8. Revol J.F. Helicoidal self-ordering of cellulose microfibrils in aqueous solution / J.F. Revol J. F., H. Bradford, J. Giasson, R.H. Marchessault, D.G. Gray // Int. J. of Biological Macromolecule. – 1992. – V. 14. – P. 170–172.
9. Kamel S. Nanotechnology and its applications in lignocellulosic composites, a mini review // EXPRESS Polymer Letters. – 2007. – V. 1. – № 9. – P. 546–575.
10. Bondeson D. Optimization of the isolation of nanocrystals from microcrystalline cellulose by acid hydrolysis / D. Bondeson, A. Mathew, K. Oksman // Cellulose. – 2006. – V. 13. – P. 171–180.

РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ФЕРМЕНТАТИВНОМ ГИДРОЛИЗЕ

Г.С. ДОЦЕНКО, *асп. хим. ф-та МГУ им. М.В. Ломоносова, ин-т биохимии им. А.Н. Баха РАН*,
А.В. ЧЕКУШИНА, *асп., ин-т биохимии им. А.Н. Баха РАН*,
Е.Г. КОНДРАТЬЕВА, *мл. науч. сотрудник ин-та биохимии им. А.Н. Баха РАН, канд. физ.-мат. наук*,
А.Г. ПРАВИЛЬНИКОВ, *ин-т биохимии им. А.Н. Баха РАН, канд. хим. наук*,
Р.М. АНДРИАНОВ, *ин-т биохимии им. А.Н. Баха РАН*,
Д.О. ОСИПОВ, *мл. науч. сотрудник хим. ф-та МГУ им. М.В. Ломоносова, ин-т биохимии им. А.Н. Баха РАН, канд. хим. наук*,
О.А. СИНИЦЫНА, *мл. науч. сотрудник хим. ф-та МГУ им. М.В. Ломоносова, ин-т биохимии им. А.Н. Баха РАН, канд. хим. наук*,
О.Г. КОРОТКОВА, *мл. науч. сотрудник ин-та биохимии им. А.Н. Баха РАН, канд. хим. наук*,
В.И. СТЕПАНОВ, *зав. отделом ГНУ ВНИИПБТ РАСХН, канд. техн. наук*,
Е.В. НОВОЖИЛОВ, *проф. каф. биотехнологии Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова, д-р техн. наук*,
Е.Р. АЧИЛЬДИЕВ, *зам. ген. директора ОАО «Восточно-сибирский комбинат биотехнологий»*,
С.А. КОНСТАНТИНОВА, *гл. науч. сотрудник ФГУП «ГНЦ ЛПК», канд. биол. наук*,
А.П. СИНИЦЫН, *проф. хим. ф-та МГУ им. М.В. Ломоносова, ин-т биохимии им. А.Н. Баха РАН, д-р хим. наук*

gsdotsenko@gmail.com; charry_ann@mail.ru

Обострение экологических проблем и истощение запасов невозобновляемых энергоресурсов обусловили интерес к разработке и использованию целлюлозосодержащих материалов (ЦСМ) как потенциального источника углеводов, продуктов микробного синтеза и жидкого моторного топлива [3].

Из ЦСМ в результате ферментативного гидролиза могут быть получены сахара, которые являются как конечными целевыми продуктами, так и исходным сырьем для последующей переработки, например, для получения этанола или бутанола (биотоплива), органических кислот, аминокислот и других полезных продуктов. Однако для промышленной реализации процесса ферментативного получения глюкозы и других сахаров необходимо решить ряд проблем, одной из которых является поиск конкретных ЦСМ, которые удовлетворяли бы требованиям высокой реакционной способности при ферментативном гидролизе и были доступны в необходимых количествах [4, 5]. Известно, что реакционная способность ЦСМ при ферментативном гидролизе зависит от степени кристалличности целлюлозы, величины, доступной фер-

ментам поверхности и наличия посторонних примесей, в первую очередь, лигнина [6, 7]. Для увеличения реакционной способности ЦСМ, как правило, требуется предварительная обработка, направленная на разрушение кристаллической структуры целлюлозы и полное или частичное удаление лигнина [1, 2]. Следует отметить, что определенные виды ЦСМ (например, отходы целлюлозно-бумажной промышленности, макулатура и др.) не требуют предобработки, поскольку в процессе их получения из них был удален лигнин и произошло определенное уменьшение степени кристалличности.

Целью данной работы является изучение реакционной способности различных видов ЦСМ, в том числе отходов и вторичных продуктов сельского хозяйства и промышленности при ферментативном гидролизе под действием целлюлолитических ферментов.

Ферментные препараты. В работе использованы лабораторные ферментные препараты *Penicillium verruculosum*: В151 и F10 (получены в ИБФМ РАН, г. Пущино), представляющие собой лиофильно высушенный ультраконцентрат культуральной жидкости.

Субстраты. В качестве субстратов для определения ферментативной активности препаратов были использованы натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) средней вязкости, глюкуроноксилан из березы (ксилан), *n*-НФ-β-D-глюкопиранозид (*n*-НФ-β-D-Глюк) производства фирмы «Sigma» (США); бумага хроматографическая № 1 (ФБ) производства фирмы «Whatman» (Англия); целлюбиоза фирмы «Merck» (ФРГ); микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ) авицел РН-105 производства фирмы «Serva» (ФРГ).

Образцы целлюлозосодержащих материалов. Необработанный и измельченный свекловичный жом предоставлен «Каневским сахарным заводом» (Краснодарский край, Россия), кроме этого использовался свекловичный жом, предоставленный компанией «DNL» (Голландия). Измельчение жома было проведено на молотковой дробилке с диаметром отверстий сита 1 мм. Использовали также свекловичный жом, обработанный с помощью варочного экструдера (время обработки составляло 50 с, температура варки сырья 182 °С, давление 30 атм., обработку проводили в ГНУ ВНИИПБТ РАСХН). Образец верхового торфа был взят с озера Сахтыш (Ивановская область, Россия), предобработанный торф был получен путем удаления гуминовых веществ (на кафедре органической химии Химического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова). Пергамент был предоставлен Троицкой бумажной фабрикой (Россия); различные образцы пшеничной соломы – группой компаний «Альянс Мастеров», НПО «Химавтоматика», ОАО «Восточно-Сибирский комбинат биотехнологий» (Россия), компаниями «Sade Saman Tozu» (Турция), «ADM» (США) и «DNL» (Голландия); образцы измельченной древесины сосны, лиственницы, осины, гевеи, масличной пальмы и лужги подсолнечника – ОАО «Восточно-Сибирский комбинат биотехнологий» (Россия); скоп (отход целлюлозно-бумажного производства) – бумажной фабрикой «Пролетарий» (Россия); водоросли фукус и ламинария – кафедрой микробиологии Химикофармацевтической Академии Санкт-Петербурга; различные образцы пшеничных отрубей – компаниями НПК «Бигор» (Россия) и «DNL» (Голландия);

промытая пивная дробина – компанией НПК «Бигор»; послеспиртовая барда влажная и сухая – «ADM» (США); исходные и предобработанные паровым взрывом кукурузные стебли – национальной лабораторией NREL (США), компаниями «Dyadic International» (США), «ADM» (США) и «DNL» (Голландия). Шелуху сои и овса предоставила компания «ADM» (США), различные образцы багассы – «DNL» (Голландия), «Florida Crystals» (США) и «BC International» (США); кукурузные отруби – «Gruma S.A.B de S.V.» (Мексика); кукурузные початки – «DuPont» (США); различные образцы целлюлозы (степень помола характеризовали в градусах по Шопперу-Риглеру, €ШР) были предоставлены Котласским и Усть-Илимским ЦБК (Россия).

Определение ферментативных активностей препаратов. Активности ферментных препаратов по отношению к полисахаридным субстратам (КМЦ, ксилан, МКЦ) рассчитывали по начальным скоростям образования восстанавливающих сахаров (ВС), определяемых методом Шомоди-Нельсона [8, 9]. За единицу активности принимали такое количество фермента, которое приводит к образованию 1 мкмоль ВС в минуту при концентрации субстрата 5 г/л. Активности ферментных препаратов по фильтровальной бумаге (ФБ) определяли стандартным методом [10], используя бумагу хроматографическую № 1 производства фирмы «Whatman» (Англия) и динитросалициловый метод анализа ВС. Активность по *n*-НФ-β-D-глюкопиранозиду (*n*-НФ-β-Глюк) определяли, измеряя начальную скорость образования *n*-нитрофенола. За единицу активности принимали количество фермента, необходимое для образования 1 мкмоль *n*-нитрофенола в минуту при концентрации субстрата 1 мМ. Общие и удельные активности использованных целлюлазных препаратов приведены в табл. 1.

Ферментативный гидролиз ЦСМ проводили в термостатируемых при 50 °С ячейках объемом 50 мл, помещенных на качалку (250 колебаний/мин). В ячейку вносили навеску субстрата, рассчитанное количество 0.1 М Na-ацетатного буфера (рН5.0) и 1 мл раствора, содержащего необходимое количество фермен-

Общие и удельные активности использованных целлюлазных препаратов *P.verruculosum* B151 и *P.verruculosum* F10

Препарат	ФБ	МКЦ	КМЦ	<i>n</i> -НФ-β-Глюк	Целло-биоза	Ксилан
	50°C, рН5,0	40°C, рН5,0	50°C, рН5,0	40°C, рН5,0	40°C, рН5,0	50°C, рН5,0
Общие активности препаратов, ед./г препарата						
B151#3.147.2	760	578	15116	1404	603	25028
F10 #3.201.2	147	853	4573	35263	46663	620
Удельные активности препаратов, ед./мг белка						
B151 #3.147.2	0,92	0,7	18,3	1,70	0,73	30,3
F10 #3.201.2	0,19	1,1	5,9	45,5	60,2	0,8

тного препарата. Общий объем реакционной смеси составлял 20 мл. Концентрация ЦСМ в реакционной смеси составляла 100 г/л (в пересчете на сухое вещество). Дозировка ферментного препарата *P.verruculosum* B151 составляла 10 мг белка на 1 г сухого вещества субстрата. Совместно с препаратом *P.verruculosum* B151 в реакционную среду добавляли содержащий β-глюкозидазу препарат *P.verruculosum* F10 так, чтобы концентрация белка F10 в реакционной среде составляла 3 мг на 1 г сухого вещества субстрата. Через определенные промежутки времени из реакционной смеси отбирали пробы (по 0,5 мл), центрифугировали (10 тыс. об./мин, 3 мин) и измеряли содержание восстанавливающих сахаров (ВС) методом Шомоди-Нельсона [8, 9]. Содержание белка в препаратах определяли по методу Лоури, используя в качестве стандарта БСА [11].

За критерий реакционной способности ЦСМ при ферментативном гидролизе принимали предельную степень конверсии по отношению к абсолютно сухому веществу (а.с.в.), т.е. выход продуктов (ВС) при исчерпывающем гидролизе.

Целлюлоза является основным компонентом производственных отходов целлюлозно-бумажной промышленности, а также содержится во многих отработанных материалах сельского хозяйства и пищевых производств. Использование этих отходов и материалов (вторичного сырья) в качестве ЦСМ для ферментативного гидролиза более предпочтительно, чем переработка различных видов первичного сырья, которое, как правило, может быть использовано более рационально. Использование вторичного сырья, во-первых,

позволяет решить проблему утилизации многоотходных отходов, во-вторых, часто такое сырье уже прошло предварительную обработку, необходимую для более эффективного гидролиза целлюлолитическими ферментами. Поэтому для изучения реакционной способности различных видов ЦСМ при ферментативном гидролизе мы выбрали наиболее типичные отходы сельского хозяйства, пищевой, лесной и деревообрабатывающей промышленности, а также целлюлозно-бумажного производства.

Продукты и отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности. Древесно-стружечные материалы являются основным отходом широкого круга деревообрабатывающих производств различного профиля и в ряде случаев не требуют дополнительного измельчения. При этом измельчение является необходимым для различных отходов лесосечных производств, переработка которых особенно актуальна для достижения полноценного использования древесных ресурсов, а также для предотвращения загрязнения территорий лесных хозяйств остаточными древесными материалами. В качестве примеров типичных отходов лесной и деревообрабатывающей промышленности нами была рассмотрена РС древесины различных пород.

РС неизмельченных сосновых опилок, как и опилок лиственницы и осины, была весьма низкой (до 8 %). Дополнительное измельчение и обессмоливание сосновых опилок позволяет значительно увеличить РС этого ЦСМ (45 %). Данный эффект объясняется разрушением трудно гидролизующихся кристаллических участков целлюлозы и увеличением площади поверхности, доступной

целлюлолитическим ферментам, которое достигается в ходе дополнительной механической обработки. Удаление смол уменьшает необратимое сорбирование ферментов на поверхности субстрата и также увеличивает площадь его доступной поверхности.

Значительное увеличение РС древесных материалов после их механической обработки наблюдалось не только для сосновой древесины, но также и для древесины лиственницы и осины (22 и 50 % соответственно). Максимальная РС (62 %) была достигнута в случае обработки осиновых опилок, измельченных на промышленной импеллерной мельнице и далее обработанных 5 % HNO_3 (30 мин, 120°C).

РС неизмельченных опилок гевеи оказалась сравнимой с РС неизмельченных опилок сосны, лиственницы и осины (4 %), однако в отличие от этих пород древесины измельченные опилки гевеи обладали низкой РС (14 %). Опилки масличной пальмы характеризовались очень низкой РС (2 %), которая незначительно увеличивалась после измельчения этого вида ЦСМ (6 %).

Продукты и отходы целлюлозобумажной промышленности. Определение РС продуктов целлюлозно-бумажного производства проводили на образцах целлюлозы, различающихся по способу получения (степень помола, отбеливание, использование листовых или хвойных пород древесины). Проведенные нами эксперименты позволили установить, что беленая целлюлоза обладает гораздо большей РС (38–48 %), чем небеленая (11–18 %), причем РС целлюлозы не зависит от вида древесины, использованной для ее получения (хвойная или листовая). Увеличение степени помола приводит к незначительному увеличению РС как белой (43 % и 48 % для образцов, размолотых до 14 и 29° ШР соответственно), так и небеленой хвойной целлюлозы (11 % для неразмолотого образца и 18 % для образцов, размолотых до 14–16° ШР).

Пергамент представляет собой прочный упаковочный жиро- влагостойкий материал, изготовленный из чистой целлюлозы. Пергамент является ценным упаковочным материалом, безвредным при контакте с пищевыми продуктами. Однако его прочность и

инертность осложняют его повторную (промышленную) переработку и деградацию в природе. ГОСТ 10700-97 предусматривает три группы качества и 13 марок перерабатываемой макулатуры и требует отсутствия в ней пергаментов. Основную часть пергаментных остатков либо сжигают, либо отправляют на свалку бытовых отходов. Поэтому переработка отходов тары и упаковки, содержащих пергамент, является актуальной задачей. Согласно полученным экспериментальным данным, пергамент обладает высокой реакционной способностью (85 %) при ферментативном гидролизе целлюлазами (в эксперименте использовали измельченный пергамент с размером частиц до 2 мм²). Это объясняется тем, что он состоит из чистой целлюлозы, волокна которой в процессе изготовления пергамента потеряли значительную часть кристалличности и стали более доступными для целлюлолитических ферментов. Помимо этого пергамент не содержит лигнина, в нем мало гемицеллюлоз, значительно затрудняющих доступ ферментов к целлюлозным волокнам. Поэтому пергаментные отходы являются доступным, высокореакционноспособным сырьем для ферментативного получения сахаристых веществ из ЦСМ.

Скопом называют волоконнодержавные отходы целлюлозно-бумажного производства. Максимальная глубина гидролиза скопа бумажной фабрики, выпускающей гофроплату, составляет 13 %, что говорит о его низкой реакционной способности.

Отходы сельского хозяйства. Пшеничная солома является крупнотоннажным отходом сельского хозяйства, существенная часть соломы практически не используется. Реакционная способность (в дальнейшем – РС) соломы низка – глубина исчерпывающего ферментативного гидролиза составляет 12 % (табл. 2). Измельчение соломы приводит к увеличению ее РС до 45 %. Предобработка пшеничной соломы горячей щелочью (85 °С, 1 % NaOH), а также паровым взрывом позволяет существенно увеличить РС этого ЦСМ (до 55 и 75 % соответственно).

Свекловичный жом представляет собой вторичный продукт свеклосахарного производства и частично используется в ка-

честве кормовой добавки, а также в микробиологической промышленности. Согласно полученным нами экспериментальным данным, свекловичный жом характеризуется средней РС (20 %), которая несколько увеличивается при его измельчении на молотковой дробилке и после экструзионной обработке (27 % в обоих случаях).

РС шелухи овса оказалась низкой (5 %), однако соевая шелуха характеризовалась гораздо более высокой РС (38 %). Предобработка этих субстратов паровым взрывом в присутствии $\text{Ca}(\text{OH})_2$ приводит к значительному увеличению РС (до 76 и 58 % соответственно). Лузга подсолнечника обладает крайне низкой РС (3 %), которая лишь незначительно увеличивается после измельчения лузги (7 %).

Кукуруза и сахарный тростник являются традиционными энергетическими культурами, которые выращиваются в промышленных масштабах в Бразилии и США для производства биотплива 2-го поколения (биоэтанола) и являются доступным крупнотоннажным биотехнологическим сырьем. Согласно полученным нами экспериментальным данным, необработанные кукурузные стебли обладают низкой РС (10 %), однако предобработка паровым взрывом в присутствии H_2SO_4 или $\text{Ca}(\text{OH})_2$ позволяет значительно увеличить реакционную способность данного вида ЦСМ (до 36–55 % для образцов, полученных из различных источников). Кукурузные початки характеризовались средней РС (24 %).

Багасса представляет собой стебли сахарного тростника, остающиеся после извлечения сока. Багасса используется в бумажной промышленности и в качестве кормовой добавки. Без предварительной обработки багасса характеризовалась средней РС (18 %), РС предобработанных образцов багассы была значительно выше (42, 41, 34 % для образцов после предобработки путем измельчения, а также паровым взрывом в присутствии $\text{Ca}(\text{OH})_2$ или H_2SO_4 соответственно).

Отходы пищевой промышленности. Пивная дробина и спиртовая барда являются основными отходами пивоваренного и спиртового производств. Согласно полученным нами экспериментальным данным, пивная

дробина обладает низкой РС (10 %), сухая и влажная спиртовая барда характеризовалась несколько более высокой, хотя и небольшой РС (18 и 16 % соответственно). Пшеничные и кукурузные отруби после удаления крахмала с помощью гидролиза амилолитическими ферментами также имели небольшую РС (14 и 12 % соответственно).

Другие источники ЦСМ. В качестве альтернативных ЦСМ, доступных в необходимых количествах для крупнотоннажного ферментативного гидролиза, нами были рассмотрены торф и водоросли. РС исходного торфа была очень низкой (3 %). Предобработка этого субстрата путем удаления гуминовых веществ приводит к незначительному увеличению реакционной способности (5 %). Водоросли *Laminaria saccharina* и *Fucus vesiculosus* также обладали низкой РС (12 и 5 % соответственно).

Таким образом, исследованные нами не прошедшие специальной предобработки виды ЦСМ, как правило, имеют низкую РС – глубина их гидролиза целлюлолитическими ферментами составляет 2–18 %. Только некоторые из не предобработанных видов ЦСМ имеют среднюю РС – соевая шелуха (38 %), кукурузные початки (24 %) свекловичный жом (20 %).

Очевидно, что для использования ЦСМ в качестве сырья для ферментативного осахаривания целесообразно проводить предварительную обработку [12–14]. Из всех рассмотренных нами видов ЦСМ наибольшей РС обладают пергамент (85 %), предобработанная паровым взрывом пшеничная солома (69–75 %), овсяная и соевая шелуха, предобработанные паровым взрывом в присутствии $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (76 и 58 %, соответственно), осиновые опилки после измельчения и обработки HNO_3 или только после измельчения (62 и 50 %, соответственно), кукурузные стебли после обработки паровым взрывом в присутствии H_2SO_4 (до 55 %), а также белая сульфатная листовая и хвойная целлюлоза (46–48 %). Эти виды ЦСМ являются наиболее перспективными для реализации и масштабирования процессов биоконверсии возобновляемого растительного сырья, превращения их в сахара путем ферментативного гидролиза (и последующего получения

Реакционная способность различных ЦСМ при гидролизе целлюлазами препаратами *P.verruculosum* B151 и *P.verruculosum* F10 (50°C, pH5,0)

Номер образ-ца	ЦСМ	Глубина гидролиза, % от а.с.в. (РС)
Отходы сельского хозяйства		
1.1–1.8	Солома пшеничная	12
1.9	Солома пшеничная, измельченная на лабораторной планетарной шаровой мельнице АГО-2	45
1.10	Солома пшеничная, предобработанная 1 % NaOH, 85°C	55
1.11	Солома пшеничная, предобработанная паровым взрывом	75
1.12	Солома пшеничная, предобработанная паровым взрывом в присутствии Ca(OH) ₂	69
2.1	Свекловичный жом	20
2.2	Свекловичный жом, измельченный на молотковой дробилке	27
2.3	Свекловичный жом экструдированный	27
3.1	Овсяная шелуха	5
3.2	Овсяная шелуха, предобработанная паровым взрывом в присутствии Ca(OH) ₂	76
4.1	Соевая шелуха	38
4.2	Соевая шелуха, предобработанная паровым взрывом в присутствии Ca(OH) ₂	58
5.1	Лузга подсолнечника	3
5.2	Лузга подсолнечника, измельченная на лабораторной планетарной шаровой мельнице АГО-2	7
6.1	Кукурузные стебли	10
6.2	Кукурузные стебли, предобработанные паровым взрывом в присутствии H ₂ SO ₄	40–55
6.3	Кукурузные стебли, предобработанные паровым взрывом в присутствии Ca(OH) ₂	36
7	Кукурузные початки	24
8.1	Багасса	18
8.2	Багасса, измельченная на лабораторной планетарной шаровой мельнице АГО-2	42
8.3	Багасса, предобработанная паровым взрывом в присутствии Ca(OH) ₂	41
8.4	Багасса, предобработанная паровым в присутствии H ₂ SO ₄	34
Отходы пищевой промышленности		
9	Дробина пивная (пшеница-рожь)	10
10.1	Барда спиртовая (сухая)	18
10.2	Барда спиртовая (влажная)	16
11	Пшеничные отруби (без крахмала)	14
12	Кукурузные отруби (без крахмала)	12
Продукты и отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности		
13.1	Сосновые опилки	8
13.2	Сосновые опилки, обессмоленные, измельченные на лабораторной панетарной шаровой мельнице АГО-2	45
14.1	Опилки лиственницы	6
14.2	Опилки лиственницы, измельченные на лабораторной планетарной шаровой мельнице АГО-2	22
15.1	Осиновые опилки	8
15.2	Осиновые опилки, измельченные на лаборатрной планетарной шаровой мельнице АГО-2	50
15.3	Осиновые опилки, измельченные на промышленной импеллерной мельнице ИМ450 и далее обработанные 5 % HNO ₃ (30 мин, 120°C)	62
16.1	Опилки гевеи	4
16.2	Опилки гевеи, измельченные на лабораторной планетарной шаровой мельнице АГО-2	14
17.1	Опилки масличной пальмы	2
17.2	Опилки масличной пальмы, измельченные на лабораторной планетарной шаровой мельнице АГО-2	6
Продукты и отходы целлюлозобумажной промышленности		
18.1	Сульфатная хвойная небеленая целлюлоза, влажная	11

Номер образ-ца	ЦСМ	Глубина гидролиза, % от а.с.в. (РС)
18.2	Сульфатная хвойная небеленая целлюлоза после размола (14° ШП), влажная	18
18.3	Сульфатная хвойная небеленая целлюлоза после размола (16° ШП), влажная	18
18.4	Сульфатная хвойная беленая целлюлоза сухая	38
18.5	Сульфатная хвойная беленая целлюлоза после размола (14° ШП), влажная	43
18.6	Сульфатная хвойная беленая целлюлоза после размола (29° ШП), влажная	48
19.1	Сульфатная лиственная беленая целлюлоза, влажная	47
19.2	Сульфатная лиственная беленая целлюлоза после размола (28° ШП), влажная	46
20	Пергамент	85
21	Скоп (коротковолокнистая целлюлоза)	13
Другие источники ЦСМ		
22.1	Верховой торф	3
22.2	Верховой торф после удаления гуминовых веществ	5
23	Водоросли <i>Laminaria saccharina</i>	12
24	Водоросли <i>Fucus vesiculosus</i>	5

из сахаров различных полезных продуктов), поскольку обладают высокой реакционной способностью, доступны в необходимых количествах, и их использование позволяет в ряде случаев решить проблему утилизации отходов и, таким образом, снизить затраты на производство глюкозы.

Работа выполнена при поддержке Государственного контракта № 16.522.12.2003, шифр «2011-2.2-522-002-001» по теме «Разработка технологии биоконверсии непищевого целлюлозосодержащего сырья в простые сахара» в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 гг.».

Библиографический список

1. Байклз, И. Целлюлоза и ее производные / И. Байклз, Л. Сегал. – М.: Мир, 1974. – Т. 1. – 500 с.
2. Роговин, З.А. Химия целлюлозы / З.А. Роговин. – М.: Химия, 1972. – 520 с.
3. Bungay, H.R. Energy: the biomass options/H.R. Bungay. New York: Wiley and Sons, 1981. 347 pp.
4. McMillan, J. Biethanol production: Status and prospects/J. McMillan//Renewable Energy. -1997. - № 10. -pp. 295–302.
5. Sanchez, O.J. Trends in biotechnological production of fuel ethanol from different feedstocks/O.J. Sanchez, C.A. Cardona//Bioresour. Technol. -2008. - № 99. -pp. 5270–5295.
6. Gupta, R. Mechanism of cellulose reaction on pure cellulosic substrates/R. Gupta, Y.Y. Lee//Biotechnol. Bioeng. -2009. -№ 102. -pp. 1570–1581.
7. Merino, S.T. Progress and challenges in enzyme development for biomass utilization/S.T. Merino, J. Cherry//Adv. Biochem. Eng. Biotechnol. -2007. -№ 108. -pp. 95–120.
8. Nelson, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of sugars/N. Nelson//J. Biol. Chem. -1944. -№ 153. -pp. 375–379.
9. Somogyi, M. Notes on sugar determination/M. Somogyi//J. Biol. Chem. -1952. -№ 195. -pp. 19–23.
10. Ghose, T.K. Measurement of Cellulase Activities/T.K. Ghose//Pure Appl. Chem. -1987. -№ 59. -pp. 257–268.
11. Peterson, G.L. Review of the Folin phenol protein quantitation method of Lowry, Rosebrough, Farr and Randall/G.L. Peterson//Anal. Biochem. -1979. - № 100. -pp. 201–220.
12. Mosier, N. Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass/ N. Mosier, C.E. Wyman, B. Dale, R. Elander, Y.Y. Lee, M. Holtzapple, M. Ladisch//Bioresour. Technol. -2005. -№ 96. -pp. 673–686.
13. Wyman, C.E. Coordinated development of leading biomass pretreatment technologies/C.E. Wyman, B.E. Dale, R.T. Elander, M. Holtzapple, M.R. Ladisch, Y.Y. Lee//Bioresour. Technol. -2005. -№ 96. -pp. 1959–1966.
14. Charles E. Wyman Comparative data on effects of leading pretreatments and enzyme loadings and formulations on sugar yields from different switchgrass sources/Charles E. Wyman, Venkatesh Balan, Bruce E. Dale, Richard T. Elander, Matthew Falls, Bonnie Hames, Mark T. Holtzapple, Michael R. Ladisch, Y.Y. Lee, Nathan Mosier, Venkata R. Pallapolu, Jian Shi, Steven R. Thomas, Ryan E. Warner//Bioresour. Technol. -2012. -№ 102, -pp. 11052–11062.

ГЛУБОКАЯ БИОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ЛЕСОСЫРЬЕВЫХ БИОРЕСУРСОВ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ПРИРОДНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ

В.А. КОНДРАТЮК, проф., ген. директор ФГУП «ГНЦ ЛПК», д-р экон. наук,
И.В. ВОСКОБОЙНИКОВ, зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК» по науке, д-р техн. наук,
С.А. КОНСТАНТИНОВА, гл. науч. сотрудник ФГУП «ГНЦ ЛПК», канд. биол. наук,
А.Н. КОРОТКОВ, мл. науч. сотрудник ФГУП «ГНЦ ЛПК», канд. хим. наук,

gnclpk@mail.ru

Важным направлением инновационного развития химии и технологии получения продуктов на основе главного компонента древесины – целлюлозы с новыми заранее заданными свойствами является ее структурная и химическая модификация, позволяющая значительно улучшить преимущества природной целлюлозы, расширить потенциальные возможности ее использования.

Современные полимерные материалы, в том числе целлюлозные и целлюлозосодержащие, являются сложными гетерогенными (многокомпонентными и многофазными) системами, свойства которых определяются химическим строением компонентов, характером и интенсивностью взаимодействия между ними, а также микро- и макроструктурой материала. Одним из перспективных путей регулирования этих характеристик и, как следствие, направленного изменения свойств целлюлозосодержащих композиционных материалов является использование в качестве модифицирующего компонента наноразмерных элементов структуры целлюлозы – нанокристаллической и нанофибриллярной целлюлозы, а также целлюлозных наносфер.

Возможность использования при получении целлюлозных наносфер различных прекурсоров – исходных целлюлозосодержащих материалов и условий их обработки делают актуальной задачу проведения исследований, направленных на разработку способов регулирования характеристик получаемых нанодисперсий (выхода конечного продукта, его функционального состава, степени дисперсности и распределения по размерам наночастиц) и свойств композиционных материалов, содержащих наноразмерные частицы – элементы структуры целлюлозы.

В результате кислотного гидролиза целлюлозы I, выделенной из различных источников, могут быть получены наноразмерные частицы, особенностью которых являются сравнительно значительные линейные размеры (от нескольких сотен нанометров до нескольких микрометров) при диаметре 3–100 нм, то есть характеризующиеся высокой степенью асимметрии [5].

В то же время изменение условий обработки и типа исходного целлюлозного прекурсора позволяют получить частицы с иными геометрическими характеристиками – целлюлозные наносферы. В работе [6] наноразмерные частицы этого типа диаметром несколько сотен нанометров были получены в результате кислотного гидролиза коротковолокнистого хлопка, подвергнутого предварительной щелочной обработке. Полученный после разделения на ультрацентрифуге и диализа продукт представлял собой суспензию частиц преимущественно сферической формы размером 200–500 нм с бимодальным распределением по размеру. Для получения частиц меньшего диаметра с унимодальным распределением по размерам по размеру полученную суспензию дважды подвергали дополнительному кислотному гидролизу с одновременной ультразвуковой обработкой. Очевидно, таким образом, что предпосылкой образования целлюлозных наносфер является переход от целлюлозы I к целлюлозе II.

Следует отметить, что при снижении в процессе постадийной обработки размера наносфер происходит монотонное увеличение индекса кристалличности, достигшего для частиц диаметром 80 нм 0,82.

Большая площадь поверхности, по сравнению с другими нанопроизводными

Характеристики целлюлозных наносфер

Сырье	СП		Зольность, %		Содержание СО– групп, %		Содержание СООН– групп, %		Выход, %
	Исходная	Наносферы	Исходная	Наносферы	Исходная	Наносферы	Исходная	Наносферы	
Целлюлоза Mg-бисульфитная хвойная небеленая	620	160	2,23	0,75	0,278	0,352	0,941	0,752	15,3
Целлюлоза полубеленая сульфитная хвойная	640	160	0,70	0,21	0,126	0,223	0,722	0,526	17,2
Свекольный жом	700	180	3,15	0,82	2,903	0,441	3,371	0,914	12,4
Макулатурное сырье	640	140	3,91	0,43	0,312	0,392	0,917	0,902	19,2

целлюлозы, позволяют применять целлюлозные наносферы не только при получении композиционных материалов с повышенными механическими характеристиками, но и использовать их в косметической промышленности, в качестве реологического модификатора, при получении искусственной крови и для наполнения лекарственных препаратов.

Способ решения задачи выделения сферических наноструктур определяется спецификой надмолекулярной структуры целлюлозы и, прежде всего, типом структурной модификации целлюлозы. Он основан на направленном изменении структуры в результате перехода от целлюлозы I к целлюлозе II. Согласно [7], к числу эффективных способов получения целлюлозных наносфер из древесной целлюлозы относят контролируемый щелочной гидролиз, сушку, прогрев в ДМСО и последующий гидролиз смесью соляной и серной кислот с одновременной ультразвуковой обработкой суспензии. Согласно [1], изменение надмолекулярной структуры целлюлозы и переход от целлюлозы I к целлюлозе II может быть также осуществлен путем механической обработки.

Выбор параметров основных стадий получения водной дисперсии целлюлозных наносфер (кислотного гидролиза исходного целлюлозосодержащего материала при повышенной температуре, окисления и механической обработки полученного продукта) был основан на имеющихся в литературе данных [1, 5]. Исходное сырье измельчали на бисер-

ной мельнице в течение 2 ч. При проведении последующей стадии кислотного гидролиза при 95 °С в течение 2 ч. была использована серная кислота и пероксид водорода с концентрацией 10 и 1 % соответственно, применяемые в промышленности для получения порошковых целлюлоз [2]. После гидролиза материал подвергали обработке на коллоидной мельнице в течение 6 ч.

Изменение условий обработки по сравнению с принятыми при получении НКЦ и использование определенного вида целлюлозных прекурсоров позволило выделить целлюлозные сферические структуры из свекольного жома, магний-бисульфитной и сульфитной хвойной целлюлозы, а также из макулатурного сырья «Каменской КБФ».

Была исследована зависимость характеристик образующихся целлюлозных наносфер от типа исходного целлюлозного материала. Согласно полученным данным (таблица), существенное влияние на выход целлюлозных наносфер оказывает тип исходного целлюлозного материала. Минимальный выход составляет 12,4 % из свекольного жома, а максимальный (19,2 %) – из макулатурного сырья.

Основным фактором в процессе выделения наносфер из целлюлозосодержащих прекурсоров является кислотный гидролиз, обеспечивающий протекание процессов деструкции. Наиболее значительное снижение степени полимеризации наблюдается в случае использования макулатурного сырья (с

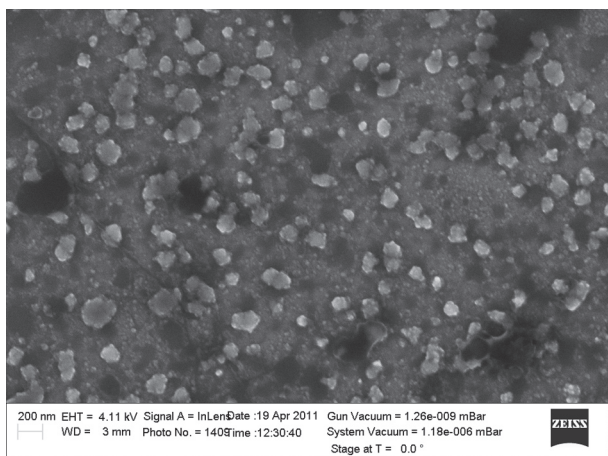


Рис. 1. Электронная микрофотография наносфер целлюлозы, выделенных из магний-бисульфитной целлюлозы

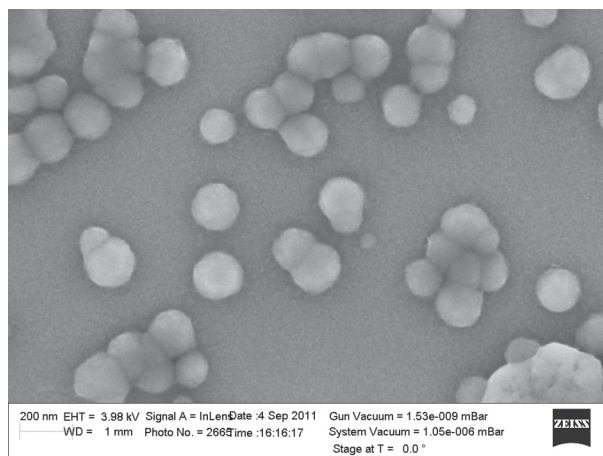


Рис. 2. Электронная микрофотография наносфер целлюлозы, выделенных из хвойной сульфитной целлюлозы

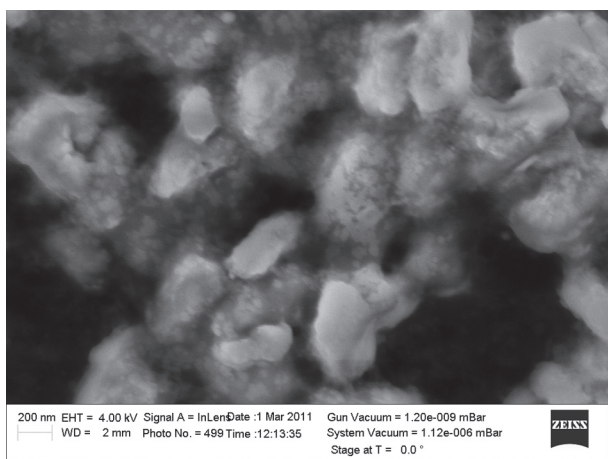


Рис. 3. Электронная микрофотография наносфер целлюлозы, выделенных из свекольного жома

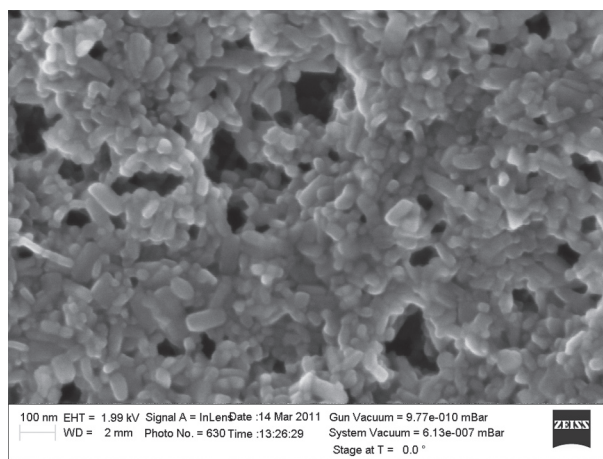


Рис. 4. Электронная микрофотография наносфер целлюлозы, выделенных из макулатурного сырья

640 до 140), что, возможно, связано с менее прочной системой межмолекулярных водородных связей, которые разрушаются в процессе его многократной переработки.

В сравнительно жестких условиях воздействия, обеспечивающих переход элементов структуры полимерной системы к наноразмерам, происходит изменение и функционального состава. В случае использования в качестве прекурсора древесной целлюлозы содержание карбонильных групп увеличивается в 1,25–2 раза, а содержание карбоксильных групп снижается на 25–40 %. При использовании макулатурного сырья содержание карбонильных групп увеличивается примерно на 25 %, однако содержание карбоксильных групп остается на прежнем уровне. В случае гидролиза свекольного жома

содержание функциональных групп снизилось на порядок, что можно объяснить удалением большого количества примесей при получении конечного продукта.

В свою очередь, целлюлозные наносферы, выделенные из различного сырья, согласно данным электронной микроскопии, заметно отличаются по геометрическим характеристикам и форме частиц (рис. 1–4).

Целлюлозные наночастицы, выделенные из хвойной сульфитной целлюлозы, имеют сферическую форму и средний диаметр 50–110 нм, в то время как аналогичные сферические наночастицы из магний-бисульфитной целлюлозы имеют диаметр 50–300 нм. В то же время выделенные из свекольного жома и макулатурного сырья частицы обладают ярко выраженной асимметрией: частицы из

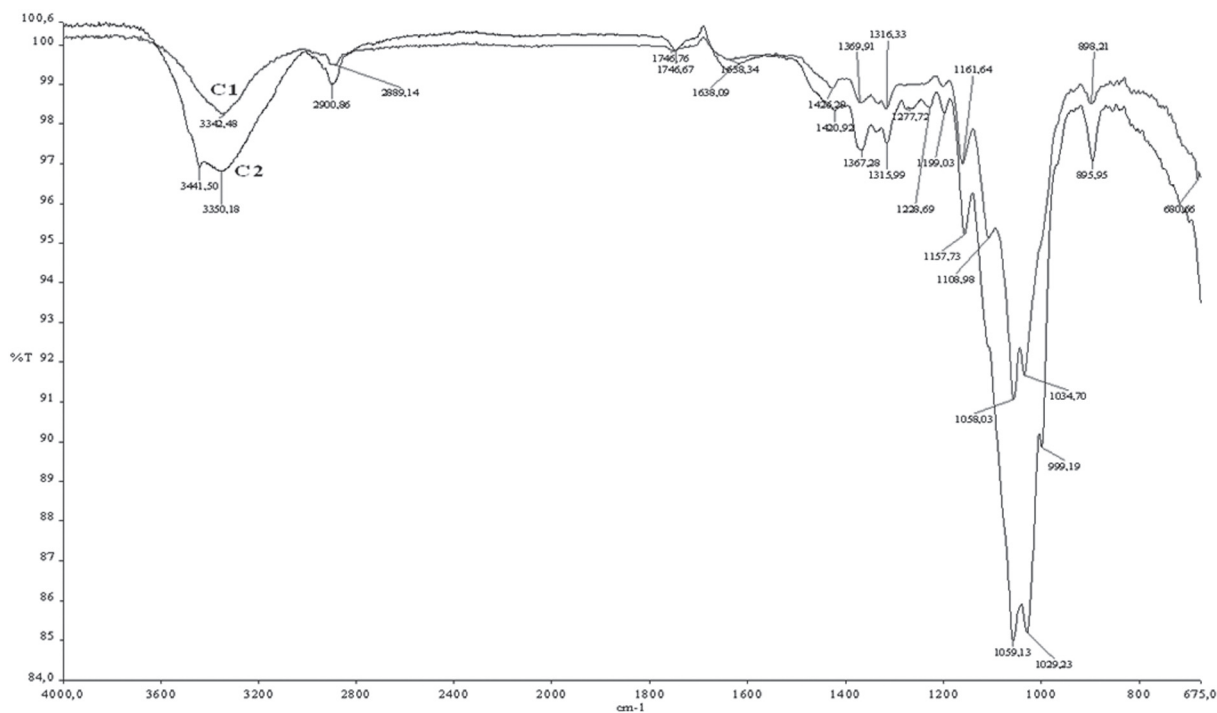


Рис. 5. ИК-спектры исходной хвойной сульфитной целлюлозы (С 1) и выделенных из нее целлюлозных наносфер (С 2)

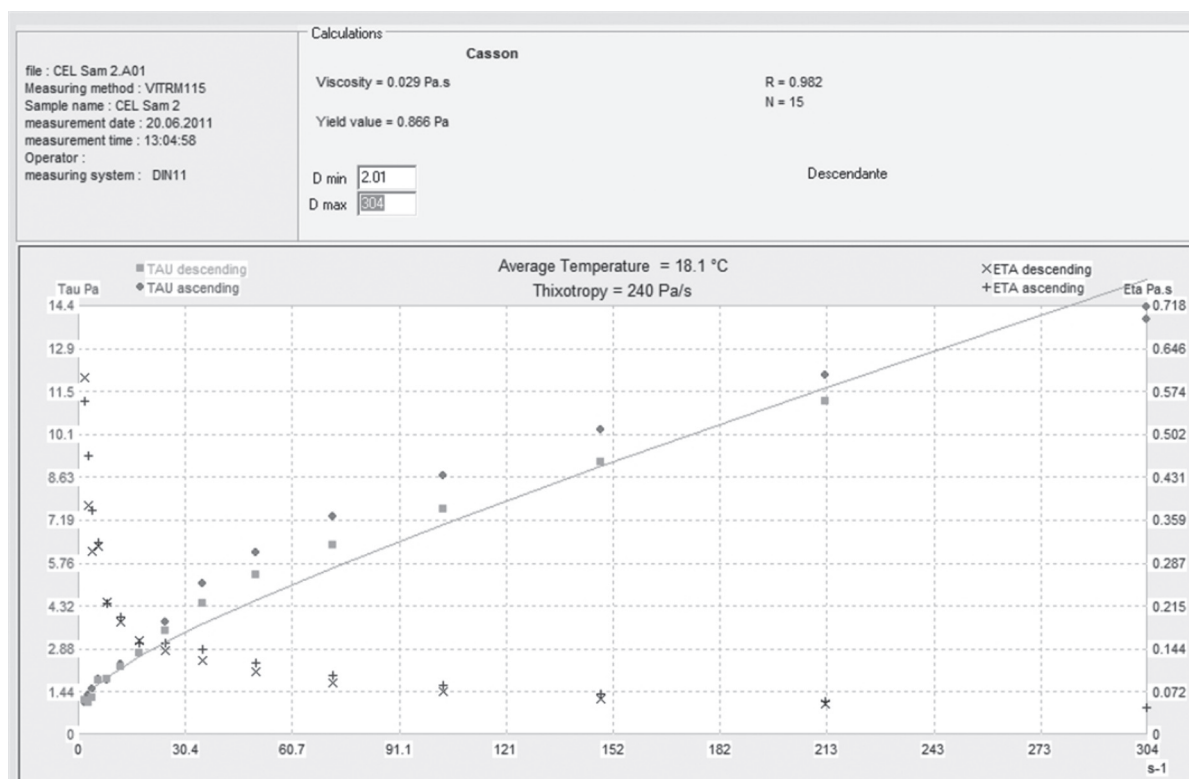


Рис. 6. Реологические характеристики дисперсии целлюлозных наносфер

свекольного жома имеют ширину 100–200 нм и длину 300–400 нм; большинство частиц, выделенных из макулатурного сырья, имеют ширину 50 нм и длину 80–115 нм, однако сравнительно небольшое количество частиц

имеют сферическую форму с диаметром 25–60 нм.

Исследование методом ИК-спектроскопии (рис. 5) выявило значительные отличия в характере ИК-спектров исходной хвойной

сульфитной целлюлозы (С 1) и выделенных из нее целлюлозных наносфер (С 2). В спектрах образцов наблюдаются четко разделенные полосы поглощения в области 3412–3460 см⁻¹, типичные для целлюлозы и ее производных, которые относят к О-Н валентным колебаниям, однако в образце целлюлозных наносфер интенсивность данной области несколько выше, чем для исходной хвойной сульфитной целлюлозы.

Различия в ИК-спектрах исходной хвойной сульфитной целлюлозы и выделенных из нее целлюлозных наносфер наблюдаются и в области 1426 см⁻¹, которую относят к С-Н ассиметричным плоскостным деформационным колебаниям [3]: в ИК-спектре целлюлозных наносфер имеет место резкое уменьшение интенсивности данной полосы. Эти факты позволяют сделать вывод о том, что наносферы являются структурной модификацией целлюлоза II, в отличие от исходной модификации (целлюлоза I) хвойной сульфитной целлюлозы [3, 4].

Оценка реологических свойств была дана для полученных дисперсий наносфер диаметром 50–100 нм и концентрацией 19,6 %. Реологические характеристики получены на приборе First RM с помощью программы Rheomatic-T (рис. 6) показали, что динамическая вязкость дисперсии составила 0,6 Па*с.

Следует подчеркнуть, что дисперсии наносфер целлюлозы, визуальнo напоминающие гели, обладали большой текучестью, несмотря на концентрацию частиц 15–20 %. В то же время зависимость $\tau = f(\gamma)$ для дисперсии наносфер имеет линейный характер, несмотря на высокую концентрацию наночастиц и сравнительно большие их размеры. С учетом очень низкой начальной вязкости этой дисперсии можно сделать вывод, что решающим фактором в ее реологическом поведении является сферическая форма наночастиц, резко уменьшающая возможность их взаимодействия.

Выводы

1. Впервые из различных целлюлозо-содержащих материалов выделены целлюлозные наносферы с помощью кислотного гидролиза и дальнейшего коллоидного диспергирования без использования щелочного гидролиза и ультразвуковой обработки.

2. Установлено, что характерной для целлюлозных наносфер структурной модификацией являются целлюлоза II, а их размер в значительной степени зависит от исходного целлюлозосодержащего прекурсора.

3. Водные дисперсии целлюлозных наносфер, несмотря на высокую концентрацию, обладают высокой текучестью. В то же время зависимость $\tau = f(\gamma)$ для дисперсии наносфер имеет линейный характер.

Библиографический список

1. Азаров, В.И. Химия древесины и синтетических полимеров / В.И. Азаров, А.В. Буров, А.В. Оболенская. – СПб.: СПбЛТА, 1999. – 628 с.
2. Вшивкова, И.А. Пероксидная делигнификация соломы с целью получения микрокристаллической целлюлозы // Сб. статей Всероссийской научно-практической конф., посвященной 80-летию СибГТУ. – Красноярск: СГТУ. – 2010. – Т.2 – С. 56–59.
3. Базарнова, Н.Г. Методы исследования древесины и ее производных / Н.Г. Базарнова, Е.В. Карпова, И.Б. Катраков, В.И. Маркин и др. – Барнаул: Алтайский ГУ, 2002. – 160 с.
4. Панов, В.П. Внутри- и межмолекулярные взаимодействия в углеводах / В.П. Панов, Р.Г. Жбанков. – Минск: Наука и техника, 1988. – 359 с.
5. Zhang J. Facile synthesis of spherical cellulose nanoparticles / J. Zhang, T.J. Elder, Y. Pu, A.J. Ragauskas // Carbohydrate Polymers. – 2007. –V. 69. – P. 607–611.
6. Li X. A method of preparing spherical nanocrystal cellulose with mixed crystalline forms of cellulose I and II / X. Li, E. Ding, G. Li // Chinese J. Polym. Scien. – 2001. – V. 19. – № 3. – P. 291–296.
7. Zhang J. Facile synthesis of spherical cellulose nanoparticles / J. Zhang, T.J. Elder, Y. Pu, A.J. Ragauskas // Carbohydrate Polymers. – 2007. –V. 69. – P. 607–611.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ШПАЛ

В.А. КОНДРАТЮК, проф., ген. директор ФГУП «ГНЦ ЛПК», д-р экон. наук,
В.Н. ПЕТРОВ, директор Департамента ИркутскНИИЛП, канд. техн. наук,
И.В. ВОСКОБОЙНИКОВ, зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК» по науке, д-р техн. наук

gncpk@mail.ru

Россия являлась одной из крупнейших стран мира по производству деревянных шпал. Однако в связи с общей стагнацией российской экономики объем производства шпал сократился в 60 раз. Согласно данным МПС их потребность в деревянных шпалах сейчас обеспечивается не более чем на 20 %. На сокращение объемов производства деревянных шпал повлияло отсутствие достаточного количества исходного шпального сырья (деревьев диаметром более 26 см).

Фактор снижения объема выпуска деревянных шпал отрицательно сказывается на работе железнодорожного транспорта, который при этом несет большие убытки, так как вынужден из-за плохого состояния шпал верхнего строения пути снижать скорость движения поездов, ограничивать общую массу железнодорожных составов, а главное – учащаются аварии. Следует заметить, что дальнейшее падение объемов производства деревянных шпал может привести к большому износу основных железнодорожных путей.

Для решения поставленной задачи ГНЦ ЛПК совместно с ОАО «ИркутскНИИпром» предлагается несколько новых технологических процессов и оборудования:

- технология и производство литых шпал из композиционных материалов;
- технология и оборудование для производства шпал на лесосеке;
- технология и производство составных шпал;
- технология и производство клееных шпал;
- технология и производство шпал из модифицированной древесины;
- оборудование для пропитки и сушки шпал.

В данной статье приводятся материалы по исследованию и разработке технологии и оборудования для производства композиционных железнодорожных шпал широкой колеи.

Создается новый технологический процесс и оборудование для производства литой шпалы. Все компоненты литой шпалы по-

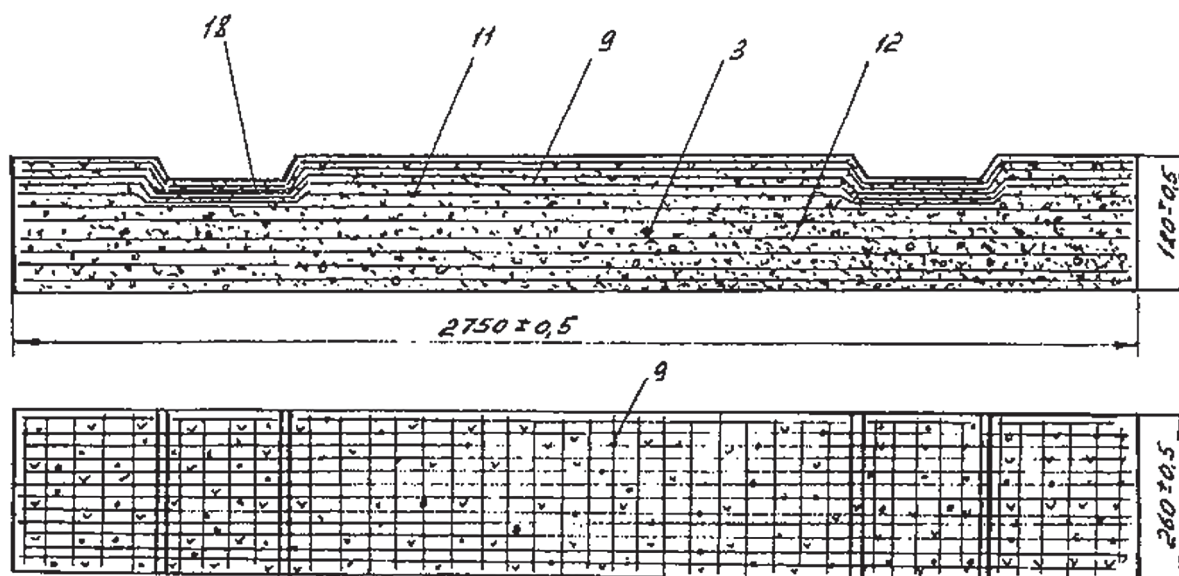


Рисунок. Литая шпала: 1 – древесные волокна; 2 – проволока; 3 – каучук; 4 – вискоза; 5 – место для закрепления закладной детали

Свойства и другие показатели литой шпалы

Свойства и другие показатели	Литая шпала
Состав композиции: Древесные волокна	78 %
Смола, клей	–
Отрезки металлической проволоки	10 %
Каучук крошка от резиновых Вискоза шин	12 %
Давление прессования	75 МПа
Температура прессования	75–100°С
Время прессования	Не менее 1 мин
Ограничение	Доступ воздушной среды

Результаты испытаний образцов на сжатие

Шифр образца	Площадь сечения образца, см ²	Разрушающая сила сжатия, Н	Предел прочности образца при сжатии, Н/см ²
1.19	9,0	1551	172,0
1.24	9,0	2258	250,0
1.27	9,0	1548	172,0

лучают из отходов производства: древесные волокна – из отходов лесопиления и деревообработки путем их прокатки; металлическую проволоку, каучук и вискозу – из старых автомобильных и тракторных покрышек.

На рисунке приведена литая шпала из композиционного материала.

Были проведены работы по поиску и разработке составов композитных материалов, обеспечивающих высокую прочность и износостойчивость изделий, разработана конструкторская документация и изготовлен экспериментальный стенд для получения композитных материалов, разработаны программы и методика получения экспериментальных образцов материалов, получены опытные образцы композиционных материалов, проведены лабораторные испытания полученных образцов композиционных материалов на установление их механической прочности. Одновременно с этим и в процессе проведения научных исследований были получены патенты на изобретение.

Реализация предлагаемого способа получения композиционной шпалы позволит значительно улучшить эксплуатационные качества железнодорожной шпалы. Она будет иметь меньшую массу по сравнению с цельнобрусковыми, составными и клеены-

ми шпалами, хорошую гибкость, большую сопротивляемость ударным нагрузкам и значительно сниженную стоимость, так как изготавливается из отходов деревообработки и лесопиления. Кроме того, используют материалы изношенных автомобильных и тракторных шин. Свойства и другие показатели литой шпалы приведены в табл. 1.

Опытные образцы композиционных материалов были переданы на испытание независимым испытательным лабораториям, расположенным в г. Иркутске:

– строительная лаборатория Сибирского государственного межрегионального колледжа строительства и предпринимательства (ФГОУ СПО «СГМКСиП»);

– лаборатория Иркутского государственного технического университета (ИрГТУ).

По результатам проведенных испытаний сделано экспертное заключение, что представленные образцы композитных материалов по своим прочностным характеристикам в 2 и более раза превосходят характеристики цельной хвойной древесины.

На лабораторном оборудовании были получены ряд образцов по выбранным соотношениям компонентов и отобраны наиболее приемлемые из них для проведения их механических испытаний. Все экспериментальные

Результаты испытаний на сжатие

Шифр образцов	Площадь сечения, см ²	Максимальное значение разрушающей силы при сжатии, Н	Предел прочности при сжатии, МПа	Предел прочности древесины сосны при сжатии, МПа	Разность предела прочности, ±
1,9	25,1	10260	4,1	1,8	+2,3
1,38	23,4	8710	3,7	1,8	+1,9
1,39	23,7	10810	4,6	1,8	+2,8
1,40	24,5	8150	3,3	1,8	+1,5

Результаты испытаний образцов на изгиб

Шифр образца	Расстояние между опорами, см	Ширина образца, см	Максимальное значение разрушающей силы при изгибе, Н	Предел прочности при изгибе, Н/см ²
1.31	3,0	0,9	329	122
1.32	3,0	0,95	260	91
1.33	3,0	0,95	302	106
1.34	3,0	0,95	265	93

исследования были проведены на основе разработанной методики и программы испытаний. Согласно методике испытаний, были проведены механические замеры на максимальную разрушающую силу при сжатии. В итоге были получены результаты, указанные в табл. 2.

При точности измерений в деревообрабатывающем комплексе 15 % полученные данные удовлетворительные и при среднем пределе прочности на сжатие цельной сосновой древесины, из которой изготавливается цельная брусковая шпала, находятся в пределах 160–180 Н/см и укладываются в эти пределы.

Результаты механических испытаний образцов композиционных шпал приведены в табл. 3.

Полученные результаты максимального значения разрушающей силы на сжатие композиционных материалов для применения в композиционной (литой) шпале в 1,5 раза больше, чем для цельной древесины сосны, из которой и выпиливаются деревянные шпалы для железных дорог широкой колеи.

Результаты испытаний образцов композиционных материалов для шпал на изгиб приведены в табл. 4.

Представленные механические показатели максимальной разрушающей силы при изгибе образцов композиционной шпалы полностью удовлетворяют нагрузкам на шпалу,

так как в рельсовой решетке железнодорожного пути шпала, которая лежит на балластной призме, практически не испытывает силу изгиба и от этих нагрузок не изнашивается. Основной износ деревянных шпал происходит от сил сжатия, которые передаются через подошву рельса при прохождении по путям подвижного состава.

Был создан экспериментальный образец пресса для создания композиционной шпалы. Пресс был изготовлен и испытан в работе согласно разработанной методике испытаний. На экспериментальном образце пресса было получено несколько образцов композиционных шпал, по размерам соответствующим типам обычных цельнобрусковых шпал I, II и III.

Предварительные испытания линии на базе этого пресса показали, что целесообразно продолжить работы по усовершенствованию или разработке нового оборудования для создания композиционной шпалы в части сквозного прогрева композиционной массы до температуры 180–250°C.

Были выполнены работы по поиску состава и связующих компонентов композиционных материалов, основными из которых явились древесные опилки; резиновая крошка; металлическая проволока (порошок); древесная щепа; клей; эпоксидная смола; парафин; полимерные материалы.

**Ожидаемый годовой объем производства продукции
(предприятия, количество и стоимость)**

Наименование	Ед. изм.	Года					Итого
		2010	2011	2012	2013	2014	
Объем производства литой шпалы	тыс. м ³	20	100	300	500	1000	1920
Количество предприятий	шт.	1	5	15	25	50	96
Стоимость продукции	млн руб.	120	600	1800	3000	6000	11520

Т а б л и ц а 6

Состав и стоимость технологического оборудования

Наименование	Кол-во, шт.	Цена ед., тыс.руб.	Всего, тыс. руб.
Смеситель	1	3445,0	3445,0
Устройство для переработки шин	1	3966,0	3966,0
Горячий пресс	1	9200,0	9200,0
Транспортеры, связующие основное оборудование	3	180,0	540,0
ИТОГО	6	–	17151,0
Здание 18×24 м			10800,0
ВСЕГО			27951,0

Разработан технологический процесс изготовления литой шпалы на деревообрабатывающем предприятии и технико-экономический расчет эффективности проекта.

Годовой объем производства литой шпалы одним цехом составляет 200,0 тыс. шт. шпал в год.

Объем шпалы

$$V_{\text{шп}} = 0,26 \times 0,18 \times 2,75 = 0,129 \text{ м}^3.$$

Объем компонентов в шпале:

– древесные волокна,

$$V_{\text{вол}} = 0,129 \times 0,78 = 0,101 \text{ м}^3;$$

– отрезки металлической проволоки

$$V_{\text{м}} = 0,129 \times 0,1 = 0,013 \text{ м}^3;$$

– каучук

– вискоза

$$V = 0,129 \times 0,12 = 0,015 \text{ м}^3.$$

ИТОГО: 0,129 м³

Потребность компонентов на производство 200,0 тыс. шт. шпал в год:

– древесные волокна

$$V_{\text{вол}}^2 = 0,101 \times 200,0 = 20,2 \text{ тыс. м}^3;$$

– отрезки металлической проволоки

$$V_{\text{м}} = 0,013 \times 200,0 = 2,6 \text{ тыс. м}^3;$$

– каучук

– вискоза

$$V_{\text{м}} = 0,015 \times 200,0 = 3,0 \text{ тыс. м}^3.$$

Потребность отходов лесопиления и деревообработки для получения 20,2 тыс. м³ древесного волокна при выходе 67 % от исходного сырья

$$V_{\text{отх}} = 20,2 / 0,67 = 30,2 \text{ тыс. м}^3.$$

Стоимость отходов деревообработки и лесопиления принята 150 руб. за 1 м³. Тогда стоимость исходного древесного сырья будет $30200 \cdot 150 = 4530,0$ тыс. руб.

Стоимость металлической проволоки, каучука и вискозы, добываемых из непригодных к эксплуатации автомобильных и тракторных шин, будет нулевой, так как транспортные организации сейчас платят за каждую шину, которую сдают на сжигание на мусорный полигон, и готовы отдавать их бесплатно, даже сами согласны вывозить во двор потребителя. Пока они представляют экологическую опасность.

Экспериментальный цех будет построен в г. Шелехов Иркутской области с годовым объемом производства 200,0 тыс. штук или 20,0 тыс. м³ композиционных шпал.

Основные показатели цеха приведены в табл. 7.

За базовый вариант принят шпалопильный цех производства цельнобрусковых деревянных шпал с годовым объемом 200,0 тыс. шт. шпал и с расходом сырья на одну шпалу 0,25 м³ диаметром от 26,0 см и более с

Техническая характеристика цеха по производству композиционных шпал

Наименование	Единица измерения	Величина
Мощность цеха в год	тыс. шт.	200,0
	тыс. м ³	20,0
Потребность в сырье в год:		
– древесные волокна	тыс. м	20,2
– резиновая крошка	тыс. м	3,0
– металл	тыс. т	2,6
Размеры шпал:		
– длина	мм	2750
– ширина	мм	250
– высота	мм	180
Количество работающих в цехе в год, всего, в т.ч.:	чел.	14
– основные рабочие	чел.	6
– вспомогательные рабочие	чел.	4
– служащие и ИТР	чел.	4
Время производства одной шпалы	мин.	1,2
Уровень механизации процесса	%	95
Уровень автоматизации процесса	%	50
Установленная мощность оборудования	кВт	124,5
Количество рабочих дней в году	день	253
Количество рабочих смен в сутки	смена	2

Сравнительный расчет себестоимости производства шпал

Статьи затрат	Стоимость, тыс. руб.	
	Базовый вариант	Литая шпала
Сырье	60000,0	4530,0
Заработная плата	1776,0	1104,0
Налоги	486,6	302,5
Электроэнергия	1134,0	169,3
Амортизация	460,7	965,6
Запасные части и материалы	455,0	800,0
Прочие производственные расходы	88,8	55,2
Цеховые расходы	124,3	77,3
Внепроизводственные расходы	35,5	22,1
Производственная себестоимость	64560,9	8026,0
Себестоимость шпалы, руб.	322,8	40,2

рыночной стоимостью исходного сырья внутреннего рынка 1200 руб. за 1 м³.

Основной экономический эффект от результатов внедрения:

- снижение себестоимости литой шпалы на 40–50 % в сравнении с деревянными и железобетонными;
- экономия крупномерной древесины (диаметром от 26 см и выше);
- увеличение срока службы литой шпалы на 20–25 % в сравнении с применяемыми шпалами на железных дорогах;
- снижение массы шпалы на 40–50 %.

Технико-экономическая эффективность перехода на выпуск новой продукции

– Удельные инвестиционные затраты на единицу технологической годовой мощности выпуска продукции, определяемые как соотношение затрат на выполнение разработки и освоение производства к общей стоимости годового выпуска продукции:

– Удельные инвестиционные затраты на единицу годовой мощности выпуска продукции составляют 1,0 тыс. руб.

– удельные текущие затраты на единицу технологической годовой мощности выпуска продукции по трудоемкости, материалоемкости и энергоемкости:

– трудоемкость продукции 0,67 тыс. руб. на 1 м³ литой шпалы;

– материалоемкость 6,8 кг на 1 м³ литой шпалы;

– энергоемкость 0,1 кВт на 1 м³ литой шпалы.

Годовая мощность производства, цена и рентабельность продукции:

1. Годовая мощность одного цеха по производству литой шпалы составляет 20,0 тыс. м³ шпалы.

2. Цена произведенной продукции – 120,0 млн руб. в год.

3. Рентабельность продукции – 38,1 %.

– сохранение и создание новых рабочих мест (количество):

При пуске в производство нового цеха создается 14 рабочих мест или по годам: 2010

– 14 мест; 2011 – 70 мест; 2012–210 мест; 2013 – 350 мест; 2014 – 700 мест.

Область применения цеха для производства композиционной литой шпалы: деревообрабатывающие цеха с глубокой переработкой древесины на материалы клееной конструкции для дальнейшего применения литой шпалы на железных дорогах широкой колеи в России.

Потенциальные потребители цеха для производства композиционной литой шпалы – деревообрабатывающие комплексы и цеха глубокой переработки древесины Иркутской области, Красноярского края, Республики Бурятия, Забайкальского края, Томской области.

Библиографический список

1. Серговский, П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С. Серговский, А.И. Расев. – М.: Лесная пром-сть, 1987. – 360 с.
2. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения / Б.Н. Уголев. – М.: Лесная пром-сть, 1986. – 360 с.

РАЗРАБОТКА БАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

И.В. ВОСКОБОЙНИКОВ, *зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК» по науке, д-р техн. наук,*
В.А. КОНДРАТЮК, *проф., ген. директор ФГУП «ГНЦ ЛПК», д-р экон. наук,*
В.М. ЩЕЛОКОВ, *зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК»,*
С.А. КОНСТАНТИНОВА, *гл. науч. сотрудник ФГУП «ГНЦ ЛПК», канд. биол. наук,*
М.Н. ПОЛЯКОВ, *гл. специалист ФГУП «ГНЦ ЛПК»*

gnclpk@mail.ru

Государственный научный центр лесопромышленного комплекса (ФГУП «ГНЦ ЛПК») с рядом научных и производственных организаций: Воронежская лесотехническая академия, ОАО «Графт Полимер», ОАО «Иркутсклеспром», институтами РАН, зарубежными фирмами, в том числе «Райфанхойзер» (Германия), провели работы в области исследования и разработки технологических процессов организации производства древесно-полимерных и композиционных материалов и областей их возможного потребления.

В настоящее время ФГУП «ГНЦ ЛПК» проводит работы по получению нанокристаллов из сырья растительного происхождения (древесного сырья) и на их основе новых композиционных материалов. Реализация новых технологических направлений не требует перестройки основных производств по изготовлению композиционных материалов, что гарантирует потребителей нанокристаллической целлюлозы.

Наиболее перспективными сферами применения древесно-полимерных композиционных материалов в России являются стро-

ительный комплекс, домостроение, машиностроение (автомобилестроение, судостроение, вагоностроение), производство всех видов мебели и товаров потребительского спроса.

Имеются следующие благоприятные факторы для развития производства древесно-полимерных композиционных материалов:

– Большой объем запасов древесины. Лесные запасы России оцениваются в 82 млрд м³, что является четвертой частью лесных запасов планеты. Имеются значительные объемы неиспользуемого древесного сырья в виде низкосортной древесины, в том числе лиственных пород, которые в различных регионах страны составляют от 25 % до 75 % хвойных пород, и древесных отходов со стоимостью 2,2–3,5 раза меньше по сравнению с Западной Европой.

– В России предусмотрено интенсивное строительство деревообрабатывающих производств в соответствии с приоритетными проектами, утвержденными Правительством, и, как следствие – увеличение объемов древесных отходов, пригодных для производства ДПКМ.

– Развитие экологических программ, направленных на переработку отходов растительного происхождения (древесных и сельскохозяйственных).

Для России, с учетом развития лесопромышленного комплекса, перспективным является производство композиционных материалов с использованием в их составе, в качестве заполнителя, мягкой древесины в виде опилок, стружек, щепы, волокон и других видов продукции, являющихся отходами деревопереработки или лесозаготовок, а также различных вяжущих смол и растворов, являющихся отходами химической промышленности и отходами машиностроения (металлический порошок, куски проволоки, металлическая стружка).

Проблема производства ДПКМ находится в зоне интересов сразу трех энергично развивающихся отраслей промышленности – деревообработки, пластмассовой индустрии и промышленности по переработке производственных, бытовых и сельскохозяйственных отходов.

Индустриализация мировой и отечественной деревообрабатывающей промышленности в последнее время тесно связана с разработкой и освоением производства широкой гаммы композиционных древесных материалов. В настоящее время сложились две большие группы древесных композиционных материалов:

– композиционные материалы на основе минеральных вяжущих веществ;

– композиционные материалы на основе полимерных связующих веществ (термопластичные древесно-полимерные композиты).

К последним относятся, например, широко распространенные древесно-стружечные и твердые древесно-волокнистые плиты, а также и сравнительно новые для отечественной промышленности материалы, такие как древесно-волокнистые плиты средней плотности (МДФ) или плиты с ориентированной стружкой (ОСБ). Без древесно-полимерных композиционных материалов сегодня невозможно себе представить строительство, производство мебели, транспортное и общее машиностроение и т.д. Традиционно древесно-полимерные плитные материалы изготавливаются с применением термореактивных полимеров – главным образом фенольных и карбамидных смол.

Древесно-полимерные композиты уникальны и значительно отличаются от исходных материалов (дерево, полимеры и др.):

– экологически безопасны, хорошо окрашиваются в массу и облицовываются;

– допускают механическую обработку аналогично древесине и древесным материалам;

– более долговечны и водостойки по сравнению с материалами из натуральной древесины;

– могут иметь разную плотность и конструкцию в зависимости от области применения;

– физико-механические свойства превышают аналогичные показатели из натуральной древесины и плитных материалов;

– позволяют создавать безотходные производства деталей и элементов мебели методом экструзии или формования;

Классификация ДПКТ

По виду технологии переработки	По плотности (кг/м ³)
литье экструзия Прессование	легкие (от 700 до 900) плотные (свыше 900 до 1200) тяжелые (свыше 1200)
По агрегатному состоянию древесного компонента:	По конструкции
мука и опилки (мелкой фракции до 200 мкм, средней – 400 мкм, крупной – более 400 мкм) волокно (хвойное, лиственное, растительное).	однослойные двухслойные многослойные
По типу связующего термопластичного полимера	По прочности
На синтетических смолах на биополимерах на смеси синтетических смол и сополимеров	легкие неконструкционные (не несущие) конструкционные повышенной прочности
По устойчивости к воде, свету, биологическим и др. воздействиям	По виду поверхности
нестойкие, в т.ч. с повышенной биоразлагаемостью, например – для упаковки интерьерные, в т.ч.: невлагостойкие, влагостойкие, водобиостойкие для наружного применения (влагостойкие, водобиостойкие, особо стойкие – контакт с почвой, минеральными растворами и т.д.) со специальными свойствами, например – электроизоляционные, бактерицидные, и т.д.	необлицованные, в т.ч. необработанные, обработанные (шлифовка, крацевание, тиснение, печать) с нанесенным в ходе изготовления полимерным слоем, например, методом со-экструзии отделанные лакокрасочными материалами облицованные натуральным шпоном, синтетическими пленками или металлизированные

– высокая стойкость к биологическим воздействиям;

– возможность повторной переработки изделий из ДПК;

– уровень цены 1 п.м. изделий в среднем на 25 % ниже стоимости аналогичных изделий из натуральной древесины и на 45–50 % изделий из полимерных материалов.

На рис. 1 показаны этапы развития древесно-полимерных композиционных материалов. Следует отметить, что в настоящее время предлагаются материалы нового поколения.

Термопластичные древесно-полимерные композиционные материалы (ДПКМ), представляют последний новый класс древесных конструкционных материалов, отличающийся от предыдущих тем, что частицы измельченной древесины соединены между собой при помощи матрицы из термопластичного полимера. Количество древесины (по весу) составляет в термопластичных ДПКМ от 50 до 80 %, а иногда и более.

Традиционные плитные материалы, при изготовлении из них фасонных и профильных деталей, требуют значительных усилий и затрат по обработке материала (строгание, фрезерование и шлифование и

т.д.), не намного меньших, чем при обработке натуральной древесины и сопряжено с образованием большого количества отходов. Потребность в профильных фасонных деталях во всех сферах производства и строительства остается высокой и впредь будет только возрастать. Экспериментальные работы в этом направлении в течение последних 50 лет проводились многими зарубежными и некоторыми отечественными исследователями.

Интерес к древесно-полимерным композиционным материалам растет повсеместно. Результаты исследований в области разработки рецептур древесно-полимерных смесей, технологий переработки, анализ рынка представляют специалисты из США, Канады, Японии, Европы, Бразилии и Южной Африки. Эти исследования получают правительственную поддержку во многих странах мира, особенно Японии. Во всем мире проводятся тематические конференции, симпозиумы, семинары, издается и выпускается периодическая литература – книги и выпускается периодическая книги, журналы, в России издается журнал «Композитный мир». Древесно-полимерные композиты все шире представлены на выставках строительной, мебельной и полимерной тематик.



Рис. 1. Этапы развития древесно-полимерных композиционных материалов

На основе композитных материалов растительного происхождения (древесного, сельскохозяйственного, и др.) предлагаются современные эффективные безотходные технологии получения прочных и долговечных конструктивных изделий сложной геометрической и архитектурной формы широкой номенклатуры для строительного комплекса, домостроения, машиностроения, железнодорожного транспорта, судостроения и товаров потребительского спроса и др.

Эта технология способствует:

- развитию глубокой переработки древесины, в том числе низкокачественной, и ее отходов и производству продукции высокой добавленной стоимости;

- успешному выполнению социально-значимого национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России»;

- решению экологических проблем путем использования техногенных отходов.

В ГНЦ ЛПК проведено исследование и разработка состава композиционного материала и технологии для изготовления изделий. Разработаны составы композитных материалов, обеспечивающих высокую прочность и износостойчивость изделий: вы-

сокопрочные ДПКМ (сведением модификаторов ударопрочности – модифицированный порошок сверхмолекулярного полиэтилена), морозостойкие ДПКМ (с введением модифицированного этиленпропиленового каучука, стирольных термопластомеров, блоксополимеров), абразивоустойчивые ДПКМ (с введением порошка сверхмолекулярного полиэтилена и политетрафторэтилена).

На рис. 2 показаны исходные материалы (термопластичная смола и древесная



Рис. 2. Смола (полиэтилен), древесная мука, гранулированный древесно-полимерный композиционный материал

мука) и готовый к дальнейшей обработке гранулированный термопластичный древесно-полимерный композиционный материал. Получаемый гранулированный композиционный материал перерабатывается в готовые изделия методами экструзии, литья под давлением и горячим прессованием.

Специалистами ФГУП «ГНЦ ЛПК» проведено исследование и разработка составов композитных материалов на основе волокон целлюлозы, дисперсной древесины и связующих на основе термопластичных полимеров и сополимеров древесного происхождения.

Разработана номенклатура и подобран типовой состав оборудования для получения древесной муки и древесно-полимерных гранул.

Рекомендуется двухсторонняя схема, по которой одна линия производит гранулы, а другая – ориентирована на выпуск профиля. Такая организация позволяет добиться большей производительности и автоматизации процесса экструзии, поскольку при использовании готовых гранул нет необходимости контролировать дозирование различных компонентов композита. Кроме того, гранулы могут рассматриваться в качестве самостоятельного продукта для поставок на рынок.

Предлагается технология получения композитных гранул (компаунд) – древесный наполнитель (гомоген) и полимерное связующее распределяются в компаунде равномерно, не образуя сгустков полимера или древесины, что приводит к высокой стабильности и конечному качеству поверхности готовых профилей.

Преимущества гранул:

- имеют низкий удельный вес в зависимости от рецептуры (от 0,5 до 1,0 г/см³), что позволят получать прочные, но легкие профили;

- удобны для переработки (хорошая сыпучесть, отсутствие пыли);

- предназначены для переработки экструзией;

- включение модифицирующих добавок делает композит пригодным для изготовления конечного профиля, предназначенного как для наружного применения и влажных условий, так и интерьеров.

Линия грануляции – комплект основного технологического оборудования для подготовки компаунда из исходного сырья древесно-полимерной композиции и получения гранул из него. Линия грануляции комплектуется высокоскоростным двухстадийным миксером, одношнековым экструдером-гранулятором, системой транспортировки, охлаждения и дозировки древесно-полимерного гранулята.

Проведена также следующая работа:

- Разработана технология и необходимое оборудование получения композитных изделий – балок, шпал, плит нового поколения, в том числе методом прессования.

- Проведены работы по модификации ДПК, которые позволили синтезировать новые полимерные материалы, так называемые привитые сополимеры (graftco-polymers).

- Разработан технологический процесс изготовления окрашенных гранул с применением суперконцентратов в растворе полимера и полиолефинового воска.

- Разработаны специальные концентраты и добавки для получения деталей с высокой прочностью и износостойкостью для машиностроительной, строительной и железнодорожной промышленности.

- Проведены физико-механические испытания образцов: определение модуля упругости, испытание на статический изгиб, растяжение, твердость, ударостойкость и вязкость.

В Государственном научном центре лесопромышленного комплекса проведены исследования и разработка технологии отделки композиционных материалов с помощью лакокрасочных покрытий, защитного пленочного декорирования, облицовочного покрытия, окрашивания древесно-полимерной массы и т.д.

Предлагаются технологии получения композиционных древесно-полимерных материалов, в том числе со специальными свойствами: теплоизолирующих, звукоизолирующих, огнестойких, высокопрочных и др., предназначенных для жестких условий эксплуатации (строительные и ограждающие несущие конструкции, элементы транспортных и сельскохозяйственных машин и систем и т.д.) и для условий эксплуатации (интерьерные строительные изделия, товары народного

потребления и т.п.), а также оборудование для получения термоформуемых древесно-полимерных композиционных изделий с отделкой методами экструзии, литья под давлением, прессования и компаундирования, включая разработку состава смесей и специальных химических веществ и модификаторов – добавок, обеспечивающих технологические и специальные свойства производимых композитов и изделий; разработка участка по получению новых композиционных материалов с учетом необходимой отделки.

Исследованы три основных способа отделки древесно-полимерных композиционных изделий: традиционное лакокрасочное покрытие; пленочно-декоративное облицовочное покрытие (ламинирование); новый способ окрашивания древесно-полимерной массы путем введения специальных добавок (кolorантов) и производство специальных гранул (суперконцентратов). Профильные экструзионные ДПКМ рекомендуется облицовывать бумажными или полимерными пленками с различной текстурой. Для этого рекомендуется применять роликовые облицовочные машины проходного типа, работающие по методу обрачивания профиля. Пленки могут быть самоклеящимися или приклеиваться холодным или горячим способом.

Отделка профилей осуществляется лакокрасочными материалами, выбранными с учетом их назначения и условий эксплуатации. Для производства окон и дверей из ДПКМ предлагается отделять их акриловыми эмалями. Отделка может осуществляться в установках проходного типа или распылительных кабинах пистолетами воздушного или безвоздушного распыления.

Рассмотрены также способы отделки: горячего тиснения; обработка щетками (кварцевание); имитационная печать; лазерная обработка и напыление; термодиффузионная печать и др.

Пластические свойства готового профиля из древесно-полимерного композиционного материала позволяют подвергнуть его поверхность дополнительной декоративной обработке с приложением тепла и давления. Такая операция называется тиснением и вы-

полняется при помощи вращающихся нагретых металлических валков. Такую операцию называют накаткой.

Предложен метод модификации полимеров и древесины, который отличается экологичностью, простотой, надежной управляемостью по сравнению с другими методами: химического, ультрафиолетовое излучение, гамма-излучение, низкотемпературная плазма и др. Так, по сравнению с наиболее распространенным химическим методом – озонлиз по затратам примерно в 20 раз ниже и практически полностью экологичен.

Модификация позволила синтезировать новые полимерные материалы, так называемые привитые сополимеры (graftco-polymers). Привитые сополимеры рекомендуется применять для использования полимерных смесей при производстве композитов для получения уникальных физических и механических свойств изделия. Себестоимость такого метода производства привитых сополимеров на порядок ниже себестоимости иностранных аналогов.

Разработана инновационная технология производства суперконцентратов методом приготовления дисперсии в растворе полимера и полиолефинового воска.

Разработаны специальные концентраты и добавки для древесно-полимерных композитных материалов и получения из них изделий с высокой прочностью и износостойкостью для машиностроительной, строительной и железнодорожной промышленности.

Серия опытов на полиэтилене и полипропилене полностью подтвердила надежность и высокую эффективность озонлиза. Получены экспериментальные образцы сополимеров (аддитивов) в процессе модификации методом озонлиза для совмещения компонентов дисперсированной древесины с полимерными материалами. Получены первые экспериментальные изделия из древесно-полимерных композитов, физико-механические показатели которых удовлетворяют требованиям потребителя.

При производстве ДПКМ адгезионные агенты связывают древесные волокна или муку с полимерной матрицей. Они значительно улучшают такие показатели, как:

- разрывное усилие (MOR-modulus of rupture),
- относительное удлинение (MOE-modulus of elasticity),
- пространственно-геометрическая стабильность,
- ударопрочность,
- диспергирование древесного наполнителя в полимерной матрице,
- снижают влагопоглощение.

Физико-механические показатели древесно-полимерных композитов: предел прочности при изгибе – 30–52 Мпа; предел прочности при растяжении – 8–10 Мпа; плотность 1500–1800 кг/куб.м; удельное сопротивление выдергиванию шурупа 300–400 н/мм; разбухание по толщине за 24 часа – 9 % ± 0,8 %; водопоглощение за 24 часа 1 % ± 0,3 %.

Установлено в среднем для древесностружечных плит на основе сополимеров древесины повышение предела прочности при изгибе на 25–35 %, повышение уровня прочности при отрыве перпендикулярно пласти на 25–40 %, снижение величины водопоглощения и разбухания в воде на 42 %.

Составы (рецептура) и суперконцентраты древесных композиционных материалов:

- HDPE (полиэтилен высокой плотности) марка 227 первичный в гранулах – 15 %;
- HDPE-g-GMA (компабилизатор «Олентен» с графтовыми глицидил-метакриловыми группами) в гранулах – 5 %;
- модифицированный порошок 300 мкм EVA (сэвилен) с карбоксильными, карбонильными и перекисными группами – 5 %;
- модифицированный порошок 300 мкм LLDPE (линейного полиэтилена низкой плотности) – 3 %;
- модифицированный порошок 150 мкм UHMW-PE (сверхмолекулярного полиэтилена) 1 %;
- модифицированный порошок 150 мкм PVDF (поливинилиденфторида) – 1 %;
- древесная мука хвойных пород 150 мкм – 70 %

Разработан типовой проект с технико-экономическим обоснованием – производство древесных композитов и изделий

строительного назначения. Состав участка, основные зоны:

подготовка и измельчение сырья; озоно-воздушная подготовка и получение необходимого состава (рецептуры) материала; получение гранул (компаунда) исходного материала; получение изделий из гранул (компаунд); испытание образцов изделий.

Состав композита: до 80 % древесной муки из опилок и щепы (ГОСТ 16362-86); до 7 % термопласты (ПП, ПВД, ПНД, и др.); до 3 % аддитивы и красители.

Номенклатура выпускаемой продукции: террасная доска (настил) – 140 × 24 мм; половая доска – 147 × 27 мм; опора (лаги) – 50 × 60 мм; подоконная доска – 460 × 40 мм; сайдинг (обшивка фасада) – 200 × 12 мм; плинтус – 20 × 40 мм; плинтус-уголок – 35 × 35 мм; плинтус с кабель-каналами – 90 × 33 мм.

Основные экономические показатели проекта по производству изделий из древесно-полимерных композитов мощностью 3 600 т/год.

– объем выпускаемой продукции в месяц (в соответствии с указанной номенклатурой) 300т;

– полная стоимость затрат на внедрение проекта (К) 82 800 тыс. руб.**;

– стоимость реализованной продукции годового объема (В) 140 000 тыс. руб.;

– себестоимость годового объема выпуска продукции (С) 80 000 тыс. руб.;

– срок окупаемости проекта 1,5 г.

Применяется – экструзионная линия – комплект основного технологического оборудования для экструдирования готовых к применению древесно-полимерных композитных профилей. Предлагаемые линии комплектуются на базе одношнековых экструдеров, входным сырьем является древесно-полимерный гранулят.

Основным агрегатом линии является экструдер с формующей фильерой. Предлагаемые линии относятся к т.н. «pull»-типу, то есть для получения качественного конечного профиля необходима система калибровки/охлаждения и тянущее устройство, которые располагаются вслед за экструдером, и наряду с обрезным и приемно-укладываю-

щим устройствами образуют так называемые «downstream»-оборудование.

Переданы в производство следующие технологии: Технология производства древесной муки. Технология производства гранул компаундированных древесных полимеров. Технология отделки древесно-полимерных материалов. Технология производства суперконцентратов. Технология изготовления композиционных шпал железнодорожной колеи. Технология сушки древесной муки для композиционных материалов

Получены патенты в Роспатенте РФ:

1. «Способ производства композиционных шпал прокатом № 2007139852». Решение о выдаче патента от 22.10.2008 г.

2. «Способ производства композиционного бруса № 2007144727». Решение о выдаче патента от 22.10.2008 г.

3. «Реторта для производства композиционных шпал № 2008135651» от 15.11.2008 г.

4. «Способ отделения коры от щепы и их сушки № 2008128254» от 14.07.2008 г.

5. «Реторта для размола и сушки древесной муки для композиционного материала № 2008114344» от 16.04.2008 г.

6. «Установка для сушки сыпучих материалов» от 04.06.2008 г.

Разработка древесно-композитных материалов представлялась на Международных

выставках и удостоилась дипломов, сертификата и бронзовой медали:

– Выставка «Дерево в строительстве и архитектуре» («WOODBUILD») – г. Москва 10.04.2008 г. Выставка «Российский лес» – г. Вологда 04.12.2007 г.;

– Выставка «Древесно-полимерные композитные материалы» – г. Вена 12.10.2008 г.

По материалам разработок были сделаны доклады, сообщения на Международных конференциях, симпозиумах и опубликованы статьи в средствах массовой информации: доклад на конференции «Конструкционные материалы в деревянном домостроении» – г. Москва 11.04.2008г.; сообщение на конференции «Перспектива развития производства древесно-композитных материалов в России» – г. Вена (Австрия) 12.10.2008 г.; сообщение на конференции «Модификация древесной массы и получение древесно-композитных материалов» – г. Кельн (Германия) 03.12.2008г.; статьи в журналах «ДеревоRU» и других изданиях в количестве – 6.

Библиографический список

1. Серговский, П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С. Серговский, А.И. Расев. – М.: Лесная пром-сть, 1987. – 360 с.
2. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения / Б.Н. Уголев. – М.: Лесная пром-сть, 1986. – 360 с.

РАЗРАБОТКА НОВОГО СПОСОБА И ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

И.В. ВОСКОВОЙНИКОВ, зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК» по науке, д-р техн. наук,
В.С. БОЛДУЕВ, технический директор ООО «Графт-Полимер»,
В.М. ЩЕЛОКОВ, зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК»,
М.Н. ПОЛЯКОВ, гл. специалист ФГУП «ГНЦ ЛПК»

gnclpk@mail.ru

Для получения древесного композиционного материала с повышенными физико-механическими свойствами предлагается новый способ изготовления материала с помощью модификации древесной массы и полимера.

Предлагаемая технология относится к инновационному промышленному процессу модификации поверхности полимеров реак-

тивными газами с последующим экструзионным синтезом привитых графт и блок сополимеров с целью создания композиционных материалов с уникальным набором химических и физических свойств. В настоящее время, помимо традиционной химической модификации, коммерчески используется процесс плазмохимической модификации.

Сравнительная характеристика методов модификации

Метод	Объемность	Применение	Плюсы	Минусы
Озонирование	3D	гидрофильность адгезия графтинг (синтез) (ПОРОШКИ)	простота аппаратов безопасность экологичность обширность применений	Строгий контроль степени модификации
Фторирование	3D	гидрофобность (барьерные св-ва) графтинг(синтез) (КОНТЕЙНЕРЫ)	эффективность обширность применений	взрывоопасность высокие затраты на разложение F
Фотолиз (УФ)	2D	фотосшивка графтинг(синтез) (ЛАКИ) (ПОЛИАМИДЫ)	Экологичность Простота аппаратов безопасность	Узость применений
Радиолиз (Y, e-Beam) лазер	1D	Графтинг(синтез) Измельчение PTFE	Эффективность	Сложность аппаратов
			Высокая избирательность	Узость применений
Механодеструкция (выс.давление и сдвиг)	3D	Измельчение полимеров Графтинг(синтез)	Развитая поверхность Простота аппаратов	Не эффективность модификации «Рваная» морфология
Газодинамика (Вихревая мельница)	3D	Супертонкое измельчение любых матер-в	Идеальная морфология Отсутствие примесей модификация	Слабая модификация
Коронный разряд	2D	гидрофильность адгезия (ПЛЕНКИ) (ДЕТАЛИ)	простота компактность экологичность безопасность	Строгий контроль степени модификации
Плазма (воздух) (вакуум)	2D	Графтинг(синтез) Любые группы (ПЛЕНКИ) (ДЕТАЛИ)	широкий спектр воздействия высокая точность экологичность	Дороговизна Сложность аппаратов Вакуумирование Малоизученность
	3D			

Полимерные материалы характеризуются низкими значениями поверхностной энергии, плохо смачиваются растворителями, плохо склеиваются, имеют низкую адгезию к напыленным слоям металлов.

Древесно-полимерный композиционный материал – это, как правило, сплав древесного наполнителя (в разном виде: волокна, мука, опилки и т.д.), полимера (первичного или вторичного) и различных добавок (аддитивов: компатибилизаторов, адгезионных агентов, лубрикантов, процессинговых добавок, УФ стабилизаторов, биоцидных добавок, пигментов-красителей).

Основная проблема, которую необходимо решать при изготовлении ДПКМ, это совместимость различных несовместимых компонентов древесно-полимерной композиции.

Это приобретает еще большую значимость, если мы хотим получить компози-

ционный материал с высокими физико-механическими характеристиками или материал с уникальными химическими, физическими или эксплуатационными свойствами.

Проблема совместимости широкого спектра компонентов древесно-полимерного композиционного материала, т.е. получения сплава, можно решить только одним методом, а именно модификацией компонентов древесно-полимерной композиции.

Модификация может осуществляться 3 основными способами:

- модификация древесного наполнителя,
- модификация полимерного компонента ДПКМ,
- смешанная модификация полимера и древесного наполнителя.

Модификация реактивными газами позволяет изменить свойства поверхностей

этих материалов в широких пределах и значительно расширить области их использования.

Экологически чистые современные газохимические методы значительно выигрывают по сравнению с химической модификацией, при которой используются такие агрессивные реагенты, как кислоты, гидроксиды, щелочно-земельные металлы и их соединения и т.п.

Под термином «реактивные газы» подразумевается совокупность химически активных и инертных газов, так или иначе принимающих участие в химических реакциях в процессе модификации.

В качестве химически активных, как правило, используют известные газы- окислители: хлор, фтор, озон а инертные газы могут представлять собой целый спектр газов как уже присутствующих в атмосферном воздухе (азот, водород, кислород, окислы углерода и т.д.), так и специально введенных в реактивную газовую среду (аммиак, гелий, аргон и т.д.).

Анализ процессов на базе разных газов-окислителей показал:

- хлорирование (галогенирование)
- это, по сути, экологически «грязный» химический стандартный процесс;
- фтор достаточно ядовит и требует дорогостоящих газовых генераторов и очистных фильтров при выводе из процесса.

Химический механизм газовой модификации. Модификация полимеров и древесной муки реактивными газами – это контролируемый процесс окисления поверхностного слоя полимера. Реакция протекает по свободно радикальному механизму. Нестабильные соединения «озониды», взаимодействуя с молекулярной решеткой полимера, образуют свободные радикалы и гидропероксиды. Свободные радикалы, в свою очередь, взаимодействуя с инертными газами в газовой смеси, формируют функциональные полярные группы на поверхности полимера: гидроксильные, карбоксильные, карбонильные, перекисные, аминные и т.д. (набор и химическая природа групп определяется спектром инертных газов занятых в реакции) (рис. 1).

Химически активные функциональные группы, образованные на поверхности полимера, позволяют провести практически

любую реакцию присоединения (со-полимеризации), а гидропероксиды осуществляют химическую сшивку (cross-linking) с образованием ковалентных и водородных связей.

Что особенно важно в этом процессе, так это то, что гидропероксидные и пероксидные группы получаются уже «иммобилизованными» (закрепленными) на поверхности в верхнем слое полимера. Это является неоспоримым преимуществом, особенно при проведении реакций прививочной полимеризации по свободно радикальному механизму. В этом случае не требуется использовать радикальные перекисные или азоинициаторы.

Кроме того, поскольку не только перекисные группы иммобилизованы или «якорно закрепленные» на активированной поверхности, но и другие вышеуказанные группы, то это дает возможность «иммобилизовать» и инициаторы иного типа, например катионные, анионные, «стабильные свободные радикалы» – нитроксиды. Это открывает широкие возможности для успешного осуществления различных механизмов прививочной полимеризации (графтинга).

По сравнению с плазмохимической модификация реактивными газами имеет гораздо большую глубину проникновения, а свободно-радикальный механизм реакции закрепляет модификацию делая ее перманентной.

Плазмохимический процесс более поверхностный, так как в процессе модификации происходит «расшивка» поверхностных молекулярных связей и в дальнейшем существуют коммерческие проблемы с потерей уровня поверхностной функциональности с течением времени.

Следует отметить, что стоимость коммерческого процесса плазмохимической модификации на порядок превышает стоимость реактивными газами.

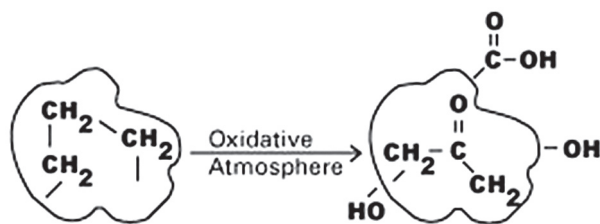


Рис. 1

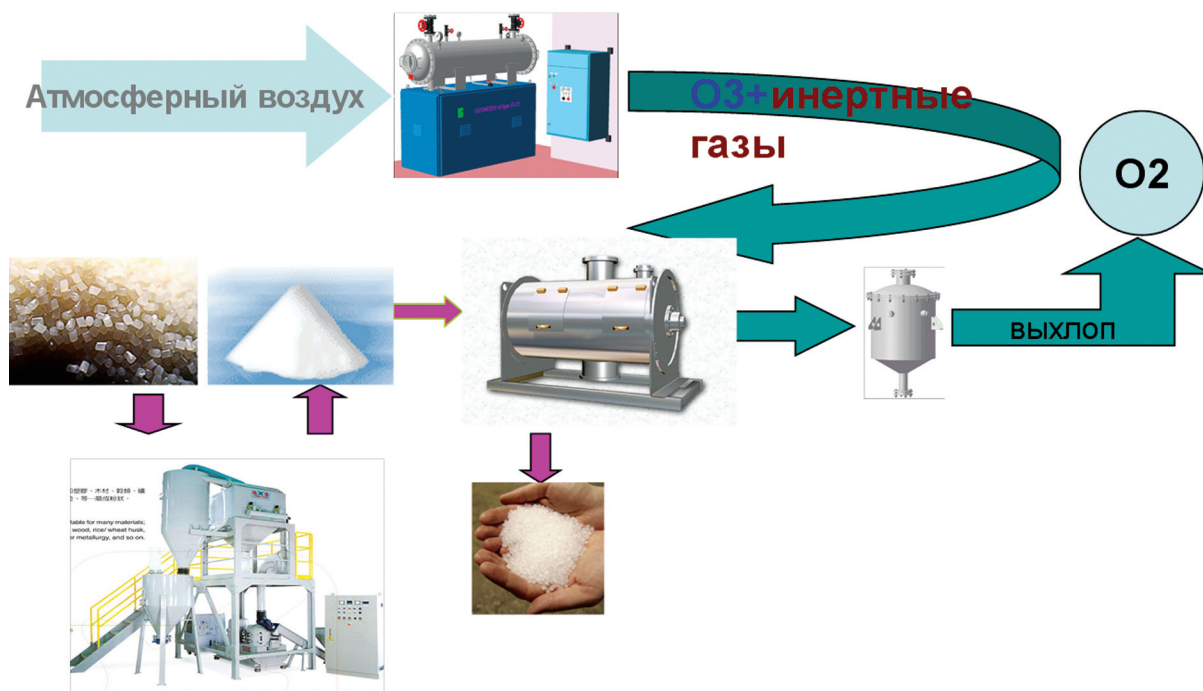


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема газовой модификации

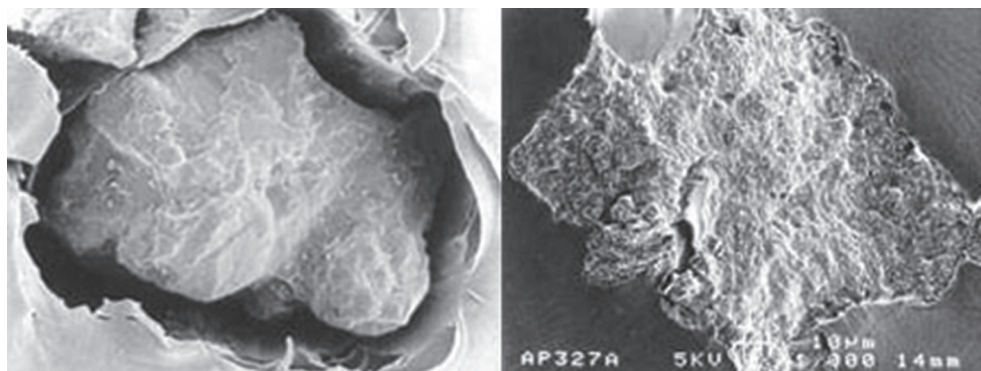


Рис. 3

Участок газохимической модификации состоит из двух зон: озono-воздушной подготовки и реактора-смесителя (модификатор).

Для озono-воздушной подготовки используется комплекс «ОЗОНИЯ» (Швейцария) (с генератором озона CFS-7 на 250 г O₃/час, осушителем воздуха с системой фильтров и ресивером, спиральным безмасляным компрессором «Атлас-Копко» (Швеция). Поверхностно модифицированный полимерный порошок смешивается в скоростном планетарно-шнековом смесителе с мономером или группой мономеров и сополимеризуется в расплаве.

В качестве ненасыщенных мономеров могут быть использованы ненасыщенные моно- и поликарбоновые кислоты и их ангидриды, такие как малеиновая, фумаровая,

итаконовая, акриловая, метакриловая, полиакриловая кислоты, малеиновый, итаконовый ангидриды, а также мономеры винилового ряда: стирол, акрилонитрил, метилакрилат, метилметакрилат, эфиры акрилатов, глицидилметакрилат и другие, которые добавляются от 0,1 % до 5 % по весу для сополимеризации с исходным полимером методом поверхностно-инициируемой полимеризации в расплаве в двушнековом экструдере с L/D не менее 40, диаметр шнеков 42мм, скорости вращения шнеков от 300 до 500 об./мин, при температуре от 130 °С до 230 °С для синтеза привитых графт и блок сополимеров со степенью прививки не ниже 80 %

Основные этапы поверхностно-инициированной полимеризации:

Модификация поверхности полимера для образования химически активных реакционноспособных групп (или «графтовых сайтов»).

«Иммобилизация» инициатора полимеризации на поверхности полимера.

Иницирование полимеризации с ростом цепи из «графтового сайта» с поверхности полимера.

Метод поверхностно-иницированной полимеризации имеет неоспоримые преимущества в сравнении со стандартным процессом прививочной полимеризации, основанным на химических или физических сорбционных методах, когда мономер и инициатор вводятся одновременно, без «иммобилизации» инициатора. Эти преимущества следующие:

– Высокая плотность графтинга (полимерной «щетки»).

– Контролируемая поверхностная энергия и поверхностная химия.

– Широкий выбор методов инициации: свободно радикальный, ATRP, RAFT, катионный, анионный, режим «живых цепей» и т. д.

– Возможность синтеза инновационных материалов (графт и блок сополимеров, гибридов, нанотехнологии).

Свойства модифицированных материалов. Функциональные химически активные группы на поверхности приводят к возникновению высокой поверхностной энергии.

Это, в свою очередь, означает, что модифицированный материал отлично смачивается и диспергирует в полярных средах, например в таких, как акрилаты, уретаны, эпоксины, полисульфиды и т.д. и даже в воде.

Отличная диспергируемость необходима для получения хороших физических свойств композиционного материала. Если полимерные частицы плохо смачиваются и не диспергируются, это приводит к образованию четкой границы раздела сред (не «сшитые» сухие частицы, «полости», «воронки») и, как следствие, плохие физические свойства материала приводят к преждевременному разрушению детали (изделия).

Поверхностная модификация необходима для получения химически устойчивых связей (адгезии) между частицами введенного полимерного порошка (волокон) и матрицей полимерной смолы. Сильная адгезия материала к полимерной матрице или к различным поверхностям (металл, бетон, дерево и т.д.) – это результат химической связи с функциональными группами модифицированного полимера.

На электронно-сканированных микрофотографиях (рис. 3) наглядно видно поведение композиционного материала (полиуретан с полиэтиленовым порошком) при тесте на разрыв с немодифицированными частицами ПЭ и с модифицированными. У немодифицированного материала адгезия к матрице настолько слабая, что частицы ПЭ практически «высыпаются» из матрицы при разрыве образца. Напротив, модифицированные частицы ПЭ настолько прочно химически связаны, что они даже рвутся напополам раньше, чем сама матрица и не «высыпаются» из полиуретана.

Основные особенности оборудования. Установка обеспечивает почти 100 % синтез кислорода из воздуха в озон, компрессор обеспечивает высокую степень чистоты воздуха (без примесей и масел с встроенным охладителем воздуха) и сушка обеспечивает точку росы до -60С.

Основные преимущества нового способа получения древесно-полимерного композиционного материала: экологическая чистота и безопасность производства; простота аппаратного оформления и контролируемая степень модификации; объемность модификации (3D); стабильность функциональных групп и необратимость модификации; бесшумность в работе, компактность и малый вес оборудования; масштабируемость производства; низкая себестоимость бизнес-процессов.

Библиографический список

1. Серговский, П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С. Серговский, А.И. Расев. – М.: Лесная пром-сть, 1987. – 360 с.
2. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения / Б.Н. Уголев. – М.: Лесная пром-сть, 1986. – 360 с.

РАЗВИТИЕ БИОТОПЛИВНОГО РЫНКА

В.А. КОНДРАТЮК, *проф., ген. директор ФГУП «ГНЦ ЛПК»*, *д-р экон. наук*,
Н.П. КОЖЕМЯКО, *зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК»*, *канд. экон. наук*

gnclpk@mail.ru

Развитие лесной биоэнергетики является одним из ключевых направлений модернизации и интенсификации российской лесной индустрии, в основу которого положена переработка лесной биомассы, состоящей из неликвидной низкосортной древесины, отходов лесозаготовок и лесопиления в источники экологически безопасных энергоресурсов.

В настоящее время около 10–15 % потребляемой в мире энергии приходится на лесную биомассу. Наиболее активно занимают вопросы лесной биоэнергетики государства Северной Европы, Канада, США.

Объективной предпосылкой развития рынка лесной биоэнергетики в России является существенный энергетический потенциал неиспользуемого ресурса древесной биомассы.

Кроме этого в России существуют определенные государственные преференции, стимулирующие развитие биоэнергетики на древесном топливе:

- льготные условия (аренда без аукциона, применение коэффициента 0,5 по арендной плате за лес) по лесосырьевому обеспечению приоритетных инвестиционных проектов, направленных на комплексное использование древесины, включая биоэнергетику;

- компенсация 2/3 процентной ставки рефинансирования по кредитам, полученным предприятиями на создание межсезонных запасов сырья, модернизацию производственных мощностей, в т.ч. по биоэнергетике, а также на поддержку энергетического потенциала предприятий:

- таможенное регулирование, включающее введение таможенных пошлин на экспорт круглого леса с целью организации комплексной переработки древесины внутри страны и снятие таможенных пошлин на импорт оборудования, не производимого в России, в т.ч. энергетического.

При текущих объемах заготовки древесины и переработки лесопродукции в Рос-

сии годовой объем образующейся биомассы для энергетических целей составляет около 80 млн м³.

Этот потенциал позволяет на 75 %, а в перспективе на 100 % удовлетворить потребности ЛПК в тепловой и электрической энергии, а при внедрении ресурсосберегающих технологий и при целевой заготовке высококачественной древесины поставлять тепло- и электроэнергию внешним потребителям.

По экспертным оценкам ГНЦ ЛПК в настоящее время объем потребляемой древесины и древесных отходов на цели биоэнергетики в России составляет более 30 млн м³.

По структуре биоэнергетика в лесопромышленном комплексе включает в себя следующие направления:

- производство тепловой и электрической энергии на БиоТЭС;

- производство тепловой и электрической энергии с использованием генераторного газа на дизельных электрических станциях (ДЭС) и электростанциях с газопоршневыми двигателями;

- производство тепловой энергии паровыми и водогрейными котельными;

- производство твердого топлива с улучшенными потребительскими свойствами – древесных топливных гранул (пеллет) и брикетов;

- производство жидкого моторного топлива на базе использования гидролиза и пиролиза;

Анализ основных технологий энергетического использования древесной биомассы показывает, что основным направлением биоэнергетики, которое готово для внедрения сегодня, является прямое сжигание древесины в котлах тепловых электростанций для производства тепловой и электрической энергии по схеме «паровой котел – паровая турбина».

Хорошую перспективу имеет и развитие коммунального теплоснабжения с ис-

пользованием древесного топлива в многолесных регионах России. В Ленинградской, Архангельской и Вологодской и некоторых других областях приняты региональные программы модернизации коммунального теплоснабжения с заменой привозного ископаемого топлива древесным – щепой и в некоторых случаях пеллетами.

Пеллеты из древесины.

Важным сектором рынка биоэнергетики сегодня являются пеллеты. Они являются лидером по объемам инвестиций и уровня практического интереса со стороны бизнеса. Производственные мощности пеллет в России достигли уровня 2 млн т в год.

В Ленинградской области введены мощности еще около 1 млн т и в ближайшие 2 года по приоритетным инвестиционным проектам вводятся производственные мощности в объеме около 800 тыс. т пеллет. Итого около 3 млн т.

Объем производства топливных гранул за 2011 г. составил около 500 тыс. т, что на 17,4 % больше аналогичного периода прошлого года.

Справочно: в мире производится около 10 млн т пеллет, в том числе около 8 млн т – в Европе. В западной полушарии пеллетное производство интенсивно развивается на прибрежных территориях США, Канады и Бразилии.

По экспертным оценкам к 2020 г. ежегодная потребность в пеллетах в Европе составит от 80 до 135 млн тонн.

Практически весь объем древесных топливных гранул, производимый в России, ориентирован на экспорт. Внутренний рынок только зарождается и необходим комплекс мер по его развитию и, прежде всего, по стимулированию потребления биотоплива в ЖКХ, домовладельцев, а также промышленного потребления (ТЭС, РЖД и др.). Так, в Вологодской области при суммарной мощности пеллетных производств 200 тыс. т в 2010 г. было произведено всего 38,5 тыс. т по причине несвоевременной доставки сырья, затрудненной транспортной логистикой продукции, ошибочного маркетинга и др. факторов. Аналогичные проблемы существуют и в других регионах России.

Высокий спрос на пеллеты в странах Европы обусловлен системой мер государственного стимулирования энергетики на основе ВИЭ и, в частности, биоэнергетики. Внутренний рынок пеллет появится в России только тогда, когда будет разработана и принята отечественная программа стимулирования производства и потребления энергии с использованием биоэнергетики как одного из ВИЭ.

Кроме производства твердого топлива, в настоящее время ведутся разработки в производстве жидкого моторного топлива из биомассы.

В России исследования проводятся по двум направлениям: гидролиз древесины и пиролиз древесины.

Однако главное препятствие для развития биоэнергетики состоит в том, что не созданы некоторые обязательные условия для ее успешного развития.

В частности отсутствуют:

- нормативные правовые акты, стимулирующие использование древесной биомассы;
- федеральные и региональные программы поддержки широкомасштабного использования ВИЭ;
- инфраструктура для успешного развития энергетики на основе ВИЭ, в том числе необходимое научное и проектное обслуживание;
- современная информационная среда в сфере использования ВИЭ;
- нормативная техническая и методическая документация; программные средства, необходимые для проектирования, сооружения и эксплуатации генерирующих объектов, функционирующих на основе использования ВИЭ;
- надлежащее кадровое обеспечение.
- возможность получения на разумных условиях кредитных ресурсов для реализации энергетических проектов;
- возможность подключения независимых производителей электрической и тепловой энергии к распределительным сетям и реализации энергии, произведенной на основе биомассы по ценам, обеспечивающим рентабельность.

Для стимулирования развития рынка биотоплива разрабатывается комплекс мер по устранению этих недостатков.

ФГУП «ГНЦ ЛПК» в составе группы научных и производственных организаций в 2011 г. по заказу Минэнерго РФ принял участие в разработке проекта «Программы модернизации электроэнергетики России на период до 2020 г.». Программа впервые содержит отдельную специальную подпрограмму «Развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) на период до 2020 г.». В ней сформулированы и первоочередные меры для ускорения развития биоэнергетики ЛПК, которые позволят выполнить амбициозную задачу – к 2020 г. довести долю ВИЭ в производстве электроэнергии до 4,5 %. Для этого необходимо увеличить суммарную мощности БиоТЭС России на 1010 МВт. Это потребует вовлечения в производство энергии около четверти экономически доступного ресурса древесной биомассы. Эта подпрограмма направлена в Минэнерго России, где находится на рассмотрении.

Кроме этого необходимо:

- субсидирование затрат по переводу котельных на биотопливо и обеспечение беспрепятственного доступа независимых производителей энергии к региональным тепловым и электрическим сетям
- частичное субсидирование затрат домовладельцев по установке котлов на биотопливе;
- поддержка транспортно-топливных компаний, обеспечивающих поставку биотоплива учреждениям, предприятиям и домохозяйствам.

Библиографический список

1. Серговский, П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С. Серговский, А.И. Расев. – М.: Лесная пром-сть, 1987. – 360 с.
2. Левин, А.Б. Топливный ресурс лесной биоэнергетики России / А.Б. Левин // Вестник МГУЛ–Лесной вестник, 2010. – № 4 (73).
3. Вторичные материальные ресурсы лесной и деревообрабатывающей промышленности: (Образование и использование). Справочник.– М.: Экономика, 1983. – 224 с.

БИОЭНЕРГЕТИКА – ВАЖНЕЙШЕЕ СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

А.Б. ЛЕВИН, *вед. науч. сотрудник ФГУП «ГНЦ ЛПК», проф. каф. теплотехники МГУЛ*

gnclpk@mail.ru

После серьезного спада объемов производства в 2008–2010 гг. лесопромышленный комплекс России практически вернулся на уровень 2007 г. – самого успешного за последнее двадцатилетие. Можно надеяться, что в 2012 г. будет достигнут запланированный «Стратегией развития лесного комплекса Российской Федерации до 2020 г.» объем заготовки древесины – 216 млн м³. В то же время радикальных изменений в развитии глубокой переработки древесины и повышении энергоэффективности отрасли не происходит. Это связано с недооценкой имеющихся ресурсов собственного относительно дешевого топлива – дровяной древесины и отходов лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий.

В предлагаемой вниманию читателей работе выполнена оценка объемов потребле-

ния тепловой и электрической энергии предприятиями лесного комплекса, а также объемов образующихся на них древесных отходов. Используются официальные данные об объемах произведенной в 2011 г. лесобумажной продукции, получаемые ФГУП «ГНЦ ЛПК» в рамках постоянного мониторинга состояния лесопромышленного комплекса России, и многочисленные опытные и справочные данные об удельных нормах потребления сырья и расхода энергии.

При определении количества отходов, пригодных для использования в качестве источника энергии, применялся подход, ранее использованный в [1]. Согласно этому подходу объем отходов рассчитывается для всех деревообрабатывающих производств как

$$P_i = v_i \cdot (k_i + k_k) \cdot V_i, \quad (1)$$

Удельные нормы образования отходов

Продукция	Коэффициенты			
	v_i	k_i	$k_i + k_k$	$v_i (k_i + k_k)$
Опилки от пр-ва пиломатериалов	1,754	0,133	0,263	0,46
Фанера	2,480	0,496	0,626	1,55
Тара комплектная	3,333	0,700	0,83	2,76
Кора ЦБП	4,52	–	0,12	0,54
Древесная масса	2,62	0,58	0,7	1,83
ОСП	2,0...2,7 в среднем 2,3	0,434	0,564	1,30
Домостроение (0,5 м ³ /м ²)	3,26	0,69	0,82	2,67
Строит. конструкции (среднее между домостроением и пиломатериалами)	2,5	0,6	0,73	1,825
Пеллеты	2,5	0,2	0,33	0,825
Древесная мука	3,5	0,42	0,55	1,95
Переплеты оконные (50,2 м ³ /1000 м ²)	50,2	0,44	0,57	28,6
Полотна дверные (108,0 м ³ /1000 м ²)	108	0,444	0,574	62,0

где v_i – норматив расхода сырья для производства продукции, пл. м³/ пл. м³;

k_i – доля пригодных для энергетического использования отходов в объеме используемого сырья;

$k_k = 0,13$ – коэффициент объема коры;

V_i – годовой объем готовой продукции (пиломатериалов, тары комплектной, фанеры и т.д.), тыс. пл. м³.

Сведения о значениях v_i , k_i [2–6] приведены в табл. 1.

Следует заметить, что объем заготовленной древесины 196,7 млн м³ принят по данным Рослесхоза, а объемы выпуска конкретных видов лесобумажной продукции по данным Росстата, согласно которому объем необработанной древесины составил 111,5 млн м³. Традиционно эти организации применяют различные методики при определении объема заготовки древесины по всем видам рубок. Обсуждение причин этого нездорового явления выходит за пределы темы настоящей работы и за пределы компетенции автора. Тем не менее, данные Росстата позволяют более или менее точно оценить объем низкокачественной древесины, образовавшийся в ЛПК России в 2011 г. Согласно этим данным суммарный объем дровяной древесины и тонкомера, называемого в официальных таблицах жердями и колями, составляет около 22 млн м³, или 20 % от объема заготовки.

Учет коры как ресурса биомассы, пригодной для производства энергии, выполнен

при расчете отходов для каждого конкретного вида лесобумажной продукции. Однако кора неделовой части заготовленной древесины должна быть учтена пропорционально доле этой древесины. Поэтому доля биомассы, пригодной для производства энергии, составит $0,2 + 0,2 \cdot 0,13 = 0,226$. Биомасса ветвей и сучьев кроны также пригодна для производства энергии, но в настоящее время в России не используется и исключена из рассмотрения.

Расчеты, результаты которых представлены в табл. 1, показывают, что годовой ресурс древесного топлива в 2011 г. составил не менее 75 млн м³.

Большая часть отходов, пригодных для энергетического использования, образуется при рубках леса и на первичных стадиях переработки древесины. В связи с этим можно считать среднюю влажность древесины пригодной для энергетического использования равной влажности свежесрубленной древесины $W^r = 55$ %. Тогда низшая теплота сгорания, определяемая как

$$Q_i^r = 18 - W^r/5, \quad (2)$$

составит $Q_i^r = 7,0$ МДж/кг = 7,0 ГДж/т.

Средняя плотность древесины энергетического ресурса ρ рассчитывается как средневзвешенное значение плотностей древесины различных пород в составе ресурса. В настоящей работе принято $\rho = 900$ кг/м³.

Энергетический потенциал ресурса можно определить как

Образование отходов в ЛПК России, 2011г.

Производство			Ресурс топлива		
Продукция	Ед. изм.	Годовой объем производства	Норма образования отходов, млн м ³ /ед.	Ресурс топлива, млн м ³	Энергетический потенциал, ПДж
Древесина необработанная	млн м ³	196,7	0,226	44,4542	280,1
Пиломатериалы	млн м ³	20	0,46	9,2000	57,96
Фанера клееная	тыс. м ³	3002,7	0,00155	4,6542	29,32
Плиты древесностружечные	тыс. м ³	6633,6	0	0,0000	0,00
Плиты древесноволокнистые	млн м ²	441,6	0	0,0000	0,00
Дома деревянные заводского изготовления (0,5 м ³ /м ²)	тыс. м ²	110	0,00267	0,2937	1,85
Целлюлоза	тыс. т	7360	0,00054	3,9744	25,04
Бумага	тыс. т	4672,2	0	0,0000	0,00
Картон	тыс. т	2907,1	0	0,0000	0,00
Мебель	млрд руб.	107,2	0,0017	0,1822	1,15
Тара	тыс. м ³	266,3	0,00276	0,7350	4,63
Щепа технологическая	млн м ³	5,7	1,2	6,8400	43,09
Щепа топливная	млн м ³	0,17	1,2	0,2040	1,29
Пеллеты	тыс. т	393,4	0,000825	0,3246	2,04
Шпон	млн м ³	0,455	0,0007	0,0003	0,00
Блоки оконные	тыс. м ²	969	0,00000286	0,0028	0,02
Блоки дверные	тыс. м ²	9052	0,0000062	0,0561	0,35
Строительные конструкции	млн м ³	1,16	0,46	0,5336	3,36
Древесная масса	тыс. т	2043	0,00183	3,7285	23,49
ИТОГО				75,18	473,66

Потребление тепловой энергии в ЛПК России, 2011 г.

Продукция	Единицы измерения	Годовой объем производства	Тепловая энергия		
			Норма расхода, млн Гкал/ед.	Расход, млн Гкал	ПДж
Древесина необработанная	млн м ³	196,7	0	0,000	0,000
Пиломатериалы	млн м ³	20	0,436	8,720	36,537
Фанера клееная	тыс. м ²	3002,7	0,0015	4,504	18,872
Плиты древесностружечные	тыс. м ³	6633,6	0,00098	6,501	27,239
Плиты древесноволокнистые	млн м ²	441,6	0,00616	2,720	11,398
Дома деревянные заводского изготовления (0,5 м ³ /м ²)	т тыс. м ² (0,5 м ³ /м ²)	110	0,000218	0,024	0,100
Целлюлоза	тыс. т	7360	0,0015	11,040	46,258
Бумага	тыс. т	4672,2	0,00272	12,708	53,248
Картон	тыс. т	2907,1	0,0026	7,558	31,670
Мебель	млрд руб.	107,2		0,000	0,000
Тара	тыс. м ³	266,3	0	0,000	0,000
Щепа технологическая	млн м ³	5,7	0	0,000	0,000
Щепа топливная	млн м ³	0,17	0	0,000	0,000
Пеллеты	тыс. т	393,4	0,0015	0,590	2,473
Шпон	млн м ³	0,455	1,5	0,683	2,860
Блоки оконные	тыс. м ²	969	0,0000218	0,021	0,089
Блоки дверные	тыс. м ²	9052	0,000047	0,425	1,783
Строительные конструкции	млн м ³	1,16	0,436	0,506	2,119
Древесная масса (кора)	тыс. т	2043	0	0,000	0,000
Итого				56,001	234,644

Потребление электроэнергии в ЛПК России, 2011 г.

Продукция	Единицы измерения	Годовой объем производства	Электроэнергия		
			Норма расхода, млн кВтч/ед	Расход электроэнергии млн кВтч ПДЖ	
Древесина необработанная	млн м ³	196,7	4	786,800	2,8325
Пиломатериалы	млн м ³	20	37	740,000	2,6640
Фанера клееная	тыс. м ³	3002,7	0,052	156,140	0,5621
Плиты древесностружечные	тыс. м ³	6633,6	0,225	1492,560	5,3732
Плиты древесноволокнистые	млн м ²	441,6	2,3	1015,680	3,6564
Дома деревянные заводского изготовления	тыс. м ² (0,5 м ³ /м ²)	110	0,018	1,980	0,0071
Целлюлоза	тыс. т	7360	0,338	2487,680	8,9556
Бумага	тыс. т	4672,2	0,865	4041,453	14,5492
Картон	тыс. т	2907,1	0,865	2514,642	9,0527
Мебель	млрд руб.	107,2		0,000	0,0000
Тара	тыс. м ³	266,3	0,038	10,119	0,0364
Щепа технологическая	млн м ³	5,7	3,4	19,380	0,0698
Щепа топливная	млн м ³	0,17	3,4	0,578	0,0021
Пеллеты	тыс. т	393,4	0,2	78,680	0,2832
Шпон	млн м ³	0,455	52	23,660	0,0852
Блоки оконные	тыс. м ²	969	0,00185	1,793	0,0065
Блоки дверные	тыс. м ²	9052	0,004	36,208	0,1303
Строительные конструкции	млн м ³	1,16	37	42,920	0,1545
Древесная масса (кора)	тыс. т	2043	1,3	2655,900	9,5612
			Итого	12460,254	57,9822

$$\mathcal{E} = V^{\text{пот}} \rho Q_i^r, \quad (3)$$

где \mathcal{E} – энергетический потенциал ресурса древесины, пригодной для энергетического использования, ПДж;

$V^{\text{пот}}$ – ресурс древесины, пригодной для энергетического использования, млн м³;

$\rho = 0,9$ – средняя плотность древесины энергетического ресурса, т/м³.

Расчет теоретического энергетического потенциала ресурса древесной биомассы по теплоте сгорания по (3) дает значение 473 ПДж. Разумеется, действительное количество теплоты, которое может быть использовано в технологических процессах, зависит от совершенства технологий и оборудования, используемых для производства и транспорта энергии.

К сожалению, современные удельные расходы тепловой и электрической энергии при производстве лесобумажной продукции в масштабах отрасли не определяются уже два десятилетия. Результаты энергоаудитов предприятий не обнародуются, и приходится использовать частью сведения из рекламных проспектов фирм, предлагающих свое оборудование, а частью сведения из источников 80-х гг. прошлого века [2, 4–10]. Результаты представлены в

табл. 3, 4. В соответствии с представленными в них данными потребление тепловой энергии при производстве лесобумажной продукции в 2011 г. можно оценить как 235 ПДж, а потребление электрической энергии 58 ПДж.

Чтобы сравнить потребности в энергии и энергетический потенциал ресурса древесной биомассы в ЛПК России рассмотрим два предельных варианта производства тепловой и электрической энергии на ТЭС.

Вариант 1. Вся потребляемая ЛПК энергия производится на собственных тепловых паротурбинных электростанциях с турбинами противодавления с КПД турбин и генераторов 0,75 и КПД котлов и тепловых сетей 0,8. В этом случае требуется использовать $235/0,8 + 58/0,75 = 371$ ПДж теплоты сгорания древесной биомассы, что существенно меньше потенциала 474 ПДж.

Вариант 2. Вся потребляемая тепловая энергия производится паровыми и водогрейными котельными с КПД = 0,8, а вся электрическая энергия производится паротурбинными конденсационными ТЭС с эффективным КПД цикла 0,25. В этом случае требуется использовать $235/0,8 + 58/0,25 = 525$ ПДж теплоты

сгорания древесной биомассы, что несколько больше потенциала.

В большинстве случаев на промышленных ТЭС предприятий ЛПК используют турбины с одним или двумя регулируемыми отборами. Это позволяет за счет некоторого снижения энергетической эффективности ТЭС разорвать жесткую связь между тепловой и электрической мощностью ТЭС и произвольно изменять в относительно широких пределах обе эти величины. Можно оценить действительную потребность в теплоте сгорания топлива для полного удовлетворения предприятий ЛПК России в тепловой и электрической энергии величиной 450 ПДж. Таким образом, приведенные расчеты убедительно свидетельствуют, что ЛПК России может быть полностью обеспечен тепловой и электрической энергией, полученной с использованием собственных ресурсов древесного топлива. Напомним, что существенный ресурс ветвей и сучьев кроны, а также лигнин ЦБП исключены из рассмотрения. Себестоимость энергии, произведенной из собственного топлива, заведомо ниже действующих тарифов. Это благотворно скажется на общей экономической эффективности предприятий и позволяет надеяться на быструю окупаемость капиталовложений в собственные ТЭС[11].

Кроме того, при современном уровне потребления энергии ресурс топлива позволяет произвести около 20 ПДж энергии для реализации сторонним потребителям по рыночным ценам. К глубокому сожалению, современное российское законодательство и правила функционирования рынка энергии не только не стимулируют производство и реализацию энергии независимыми производителями, но фактически препятствуют подключению их к региональным электрическим и тепловым сетям.

Задачи, сформулированные в утвержденном распоряжении Правительства Российской Федерации от 8 января 2009 г. № 1р документе «Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 г.» органами исполнительной и законодательной власти решаются крайне медленно. Важнейшее направление повышения эффективности

деятельности всего лесного комплекса России практически не развивается.

В 2011 г. ЭНИН с привлечением ведущих специализированных научных и проектных организаций по заказу Минэнерго РФ разработал проект «Программы модернизации электроэнергетики России на период до 2020 г.». Программа впервые содержит отдельную специальную подпрограмму «Развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) на период до 2020 г.». К разработке раздела подпрограммы по направлению БиоТЭС был привлечен ФГУП «ГНЦ ЛПК». В настоящее время проект находится на рассмотрении в Министерстве энергетики. По плану документ должен быть представлен в Совет министров РФ в I квартале 2012 г.

На всю программу планируется капиталовложения 11, 1 трлн. руб., на все виды ВИЭ – 0,2 трлн. руб. (2 %), на БиоТЭС 0,06 трлн. руб., (60 млрд руб.).

Предполагается к 2020 г. увеличение мощности ЭС, использующих ВИЭ, более чем в 2 раза – с 2 250 до 5 590 МВт, в том числе мощности БиоТЭС увеличатся на 1010 МВт, малых ГЭС – на 820 МВт, ВЭС – на 1310 МВт, увеличение мощности остальных ВИЭ суммарно составят 200 МВт. Выработка электроэнергии с использованием ВИЭ увеличится на 13 ТВт·ч и достигнет 22 ТВт·ч, причем почти половина этой выработки – 9,9 ТВт·ч (45 %) придется на БиоТЭС, 31 % – на малые ГЭС, 16 % – на ВЭС, 7,5 % – на ГеоЭС.

Для выполнения этой задачи необходимо резко увеличить введение новых мощностей, использующих ВИЭ. В частности, необходимо довести ежегодный ввод мощностей БиоТЭС до 150 МВт.

ГНЦ ЛПК организовал анкетирование предприятий ЛПК, намеревающихся построить собственные электростанции. Суммарная мощность предполагаемых ТЭС, которые предприятия намерены построить в ближайшие годы, составляет более 100 МВт. Этого недостаточно для выполнения Программы. Отметим, что отечественное машиностроение не сможет обеспечить выпуск основного оборудования в предусматриваемых Программой объемах.

Возможно, выполнению Программы поспособствует создание российско-китайского СП в области ВИЭ. С российской сторо-

ны учредителями являются подведомственное Минэнерго России ФГБУ «Российское энергетическое агентство» и Российская топливная компания, а с китайской – Государственная электросетевая компания Китая. В план первоочередных действий СП входят строительство ТЭС с общей установленной мощностью в 3000 МВт, что втрое превышает контрольные индикаторы Программы. Предусматривается строительство биотопливных заводов с объемом производства до 500 тыс. тонн гранул (брикетов) в год, а также реализация проектов по реконструкции до 1000 отопительных котлов, работающих на биомассе в России. Экономические параметры генерального соглашения и, в частности, принципы финансирования проектов и распределения произведенной энергии между странами-участниками пока не обнародованы.

Полная загрузка ТЭС с установленной электрической мощностью 3000 МВт и присоединенной тепловой мощностью 9000 МВт потребует около 90 млн м³ древесной биомассы. Это составит более двух третей ресурса древесного топлива, которым будет располагать ЛПК России в 2020 г., если задания «Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2020 г.» будут выполнены.

Однако более трех четвертей экономически доступного ресурса древесной биомассы составляет дровяная древесина и отходы заготовки древесины, которые размещены по территории России неравномерно [1]. Сконцентрировать требуемый ресурс древесной биомассы не удастся без существенного снижения эффективности в связи с повышением транспортной составляющей цены топлива. Необходимо рассмотреть возможность и эффективность комбинирования выработки энергии ТЭС, использующих древесную биомассу, с иными возобновляемыми источниками энергии.

Россия располагает значительными ресурсами агробиомассы составляющими более 2 700 ПДж, что приблизительно равно энергетическому потенциалу располагаемого (теоретического) ресурса древесной биомассы – 2666 ПДж. Особенностью распределения ресурса агробиомассы по территории России является концентрация его в тех федеральных округах, в которых относительно мала концентрация ресурса древесной биомассы.

В Северокавказском и Южном округах минимальные ресурсы древесной биомассы (суммарно 15 ПДж) и максимальные ресурсы агробиомассы (782 ПДж). В Северо-Западном (403 ПДж и 83 ПДж) и Сибирском (955 ПДж и 393 ПДж) округах соотношение обратное. Таким образом, суммарно ресурсы биомассы распределены по территории страны более или менее равномерно, что увеличивает свободу маневра при размещении БиоТЭС.

Рациональное размещение и выбор типа БиоТЭС настоятельно требует объединения усилий энергетиков, работников лесного сектора экономики и сельского хозяйства, научных работников отраслевых НИИ и проектировщиков, региональных и федеральных органов власти. В настоящее время такая координация отсутствует и это еще один серьезный барьер для развития биоэнергетики в России.

Библиографический список

1. Левин, А.Б. Топливный ресурс лесной биоэнергетики России / А.Б. Левин // Вестник МГУЛ–Лесной вестник, 2010. – № 4 (73).
2. Вторичные материальные ресурсы лесной и деревообрабатывающей промышленности: (Образование и использование). Справочник.– М.: Экономика, 1983. – 224 с.
3. Левин, А.Б. Древесина – эффективная составляющая топливного баланса страны / А.Б. Левин, Ю.П. Семенов, В.С. Суханов //Деревообр. пром-сть, 2001. – № 4. – С. 2–5.
4. http://www.derevoobrabotka.ru/equip/mai/kd6_drevo.html
5. <http://www.vektor-trade.ru/articles.php?id=110&pos=1>
6. <http://www.woodpellets.com/cgi-bin/cms/index.cgi?ext=content&pid=1349&lang=1>
7. Теплотехнический справочник инженера лесного и деревообрабатывающего предприятия.– 2 изд., испр./ под ред. А.Б. Левина – М.: МГУЛ, 2002. – 333 с.
8. Нормы расхода сырья и материалов в лесной и деревообрабатывающей промышленности: Справочник. – М.: «Лесная промышленность», 1977. – 336 с.
9. Инструкция по нормированию расхода электрической и тепловой энергии в целлюлозно-бумажной промышленности. – Иваново. Мин-во лесной, целлюлозно-бумажной и деревообр. пром-сти, 1981. – 285 с.
10. <http://www.ecopolis04.ru/site/53>
11. Levin, A. Influence of heat and electrical loads on economic efficiency of a thermoelectric power plant using biofuels. /Proceedings of the Workshop “Bioenergy 2005”, June 16-17, 2005, Kreml museum hall, 7, Sofiyskaya str., Veliky Novgorod, Russia.
12. Панцхава Е.С. и др. //»Биоэнергетика», № 4 (9), 2007

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

В.А. КОНДРАТЮК, проф., ген. директор ФГУП «ГНЦ ЛПК», д-р экон. наук,
Н.П. КОЖЕМЯКО, зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК», канд. экон. наук,
А.В. КОНДРАТЮК, нач. отдела эконом. развития ФГУП «ГНЦ ЛПК», канд. экон. наук

gnclpk@mail.ru

Россия является самой богатой страной по лесным ресурсам, вместе с тем роль лесного сектора в национальной экономике весьма скромна:

- в валовом внутреннем продукте – 1,2 %
- в объеме отгруженной продукции – 4,3 %
- в валютной выручке от экспорта – 3,6 %
- в численности работающих в промышленности – 1,2 %
- в объеме мировой торговли лесоматериалами – 3,1 %

Анализ структуры ЛПК по видам экономической деятельности показывает, что на долю лесозаготовок в 2011 г. приходится 11,0 %, обработка древесины и изделий из нее составляет 31,0 %, производство продукции ЦБП 43,0 % и производство мебели 15,0 %.

Комплексный мониторинг работы предприятий ЛПК в 2011 г. показывает, что в отрасли, как и в 2010 г., сохранялась положительная тенденция роста объемов производства всех основных видов лесобумажной продукции. Наиболее высокие темпы роста

отмечены по производству древесных листовых материалов и мебели.

Вместе с тем, итоги 2011 г. свидетельствуют о том, что объемы производства докризисного 2007 г. достигнуты только по фанере, ДСП, целлюлозе, бумаге и мебели.

Экспорт лесобумажной продукции Российской Федерации за 2011 г. составил 10,4 млрд долл. США.

В структуре экспорта на долю круглого леса приходится 20 %, пиломатериалов – 33,0 %, бумаги и картона – 17 %.

В 2011 г. по сравнению с 2010 г. отмечается снижение объемов экспорта ДВП и необработанной древесины, при этом объемы экспорта докризисного 2007 г. достигнуты по пиломатериалам, фанере, ДСП и целлюлозе.

На динамику объемов экспорта повлияли два основных фактора: внешнеторговая таможенно-тарифная политика Правительства Российской Федерации и последствия мирового финансового кризиса.

Импорт лесобумажной продукции за 2011 г. составил 5,8 млрд долл. США. В структуре импорта наибольший удельный вес занимают бумага и картон – 48 %, и мебель – 36 %.

Т а б л и ц а 1

Производство основных видов лесобумажной продукции

Продукция	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2011/2007, %
Заготовка древесины, млн м ³	207,0	167,4	158,8	175,5	196,7	95,0
Пиломатериалы, млн м ³	24,3	21,6	18,9	18,9	20,3	83,5
Фанера клееная, тыс.м ³	2776,8	2592,2	2128,3	2687,5	3002,7	108,1
ДСП, усл. млн м ³	5,5	5,8	4,6	5,4	6,6	120,0
ДВП, усл. млн м ²	480,6	479,2	372,9	397,6	441,6	91,9
Целлюлоза древесная и из прочих волокнистых материалов, тыс. т	5973,0	5472,0	5486,6	7284,5	7360,7	123,2
Бумага, тыс. т	4083,9	4004,0	3937,4	4672,2	4672,2	114,4
Картон, тыс. т	3497,5	3695,7	3457,9	2930,3	2930,3	83,8
Мебель, млрд руб.	83,6	104,9	80,4	94,7	107,2	128,2
Уровень переработки заготовленной древесины, %	49,1	51,8	58,0	63,8	64,8	132,0

В 2011 г. по сравнению с 2010 г. отмечается рост объемов импорта по всем видам лесобумажной продукции, в большей степени по бумаге и картону – на 13,3 % и мебели на 19,6 %.

В 2011 г. отмечается рост внутреннего потребления лесобумажной продукции и снижение доли импорта в его объеме, что является положительной тенденцией.

Анализ развития лесного комплекса России позволил выявить ряд факторов, сдерживающих его развитие:

- недостаточное развитие внутреннего рынка лесоматериалов, обусловленное медленным ростом покупательской способности населения, а также недостаточно активными процессами импортозамещения по дефицитной и востребованной продукции отраслями экономики страны;

- несовершенство финансовой системы, не позволяющей привлечь в отрасль достаточные кредиты под капиталоемкие проекты с длительным сроком окупаемости инвестиций;

- ухудшение финансовой стабильности работы лесопромышленных предприятий вследствие опережающего роста цен и тарифов на продукцию и услуги отраслей монополистов, включая железнодорожный транспорт;

- отставание развития инженерной и транспортной инфраструктуры в регионах потенциального развития лесопромышленной деятельности;

- низкий уровень развития транспортной инфраструктуры в лесном фонде;

- недостаточный уровень научно-технического обеспечения развития техники и технологий в лесопромышленном комплексе, замедляющий процессы технического перевооружения предприятий и др.

Для стимулирования развития лесного комплекса государством используется ряд мер:

- формирование перечня приоритетных инвестиционных проектов в области освоения лесов;

- субсидирование процентных ставок по кредитам на межсезонные запасы сырья и материалов, техническое перевооружение; экспорт лесоматериалов;

- отмена экспортных пошлин на обработанную древесину;

- отмена импортных пошлин на деревообрабатывающее оборудование, не производимое в России;

- не взимается НДС при ввозе деревообрабатывающего оборудования, не производимого в России.

Одним из действенных инструментов управления стратегическим развитием лесного комплекса являются приоритетные инвестиционные проекты, реализуемые в со-

Т а б л и ц а 2

Экспорт основных видов лесобумажной продукции

Наименование	2007 г.	2010 г.	2011 г.	2011/ 2007, %
Всего, млн долл. США	12342,9	9223,5	10380,9	84,1
Необработанная древесина, млн м ³	51,1	21,3	20,9	40,9
Пиломатериалы, млн м ³	17,2	18	19,8	115,1
ДСП, тыс. м ³	438,4	612,5	537,8	122,7
ДВП, млн м ²	109,2	73,6	56,4	51,6
Фанера клееная, тыс. м ³	1493,0	1528,5	1552,9	104,0
Целлюлоза, тыс. т	1797,9	1713,1	1803,7	100,3
Бумага и картон, тыс. т	2469,9	1514,9	1548,5	62,7
Мебель, млн долл.	364,8	222,6	213,1	58,4

Т а б л и ц а 3

Импорт основных видов лесобумажной продукции

Наименование	2007 г.	2010 г.	2011 г.	2011/ 2007, %
Всего, млн долл. США	6800,0	5010,6	5822,5	85,6
Круглые лесоматериалы, млн м ³	0,1	0,02	0,004	4,0
Пиломатериалы, млн м ³	0,2	0,11	0,29	145,0
ДСП, тыс. м ³	672,4	566,1	737,7	109,7
ДВП, млн м ²	58,6	80,5	99,9	170,5
Фанера клееная, тыс. м ³	111,8	74,9	141,9	126,9
Целлюлоза, тыс. т	71,1	86,1	124,4	175,0
Бумага и картон, тыс. т	2071,6	2066,5	2143,8	103,5
Мебель, млн долл.	1484,8	2177,7	2877,5	193,8

ответствии с постановлением правительства РФ № 419 от 30 июня 2007 г. «О приоритетных инвестиционных проектах в области освоения лесов».

Анализ реализации приоритетных инвестиционных проектов в области освоения лесов показал, что по состоянию на 01 апреля 2012 г. в перечень приоритетных инвестиционных проектов (ПИП) в области освоения лесов всего включено 112 инвестиционных проектов с общим объемом инвестирования 418,0 млрд руб.

По количеству утвержденных приоритетных проектов лидирующее положение среди федеральных округов занимают Северо-Западный ФО – 36 проектов (32 %), Сибирский ФО – 24 проектов (21 %), Приволжский ФО – 19 проектов (17 %). По объему инвестиций в приоритетные инвестиционные проекты лидирующие позиции также занимают наиболее развитые в лесопромышленном отношении регионы Северо-Западного и Сибирского федеральных округов, соответственно, 108,7 и 166,0 млрд руб. или 66,0 % общей стоимости проектов.

В целом по представленным инвестиционным проектам размер расчетной лесосеки, который предлагается для передачи инвесторам в долгосрочную аренду, составит 78,8

Т а б л и ц а 4

Приоритетные инвестиционные проекты в области лесов по федеральным округам (на 01.04.2012 г)

Федеральный округ	Количество проектов	Объем инвестиций млрд руб.	Объем потребляемого сырья, млн м ³	Число рабочих мест
Россия всего	112	418,0	78,8	40841
Северо-Западный	36	108,7	20,4	8594
Сибирский	24	166,0	33,9	13634
Приволжский	19	30,5	8,1	5137
Центральный	14	69,3	7,1	5922
Дальневосточный	12	30,0	6,5	4046
Уральский	6	4,1	2,2	3072
Южный	1	9,4	0,6	436

млн м³. Наибольшая доля которой приходится на Сибирский и Северо-Западный федеральный округа – 43 и 26 % соответственно.

Фактически по состоянию на 01.01.2012 г. передано в аренду лесных участков с общим объемом заготовок 50,28 млн м³, или 63 % к планируемому показателю.

В результате реализации заявленных инвестиционных проектов планируется создание 48,8 тыс. новых рабочих мест, из которых 33 % в Сибирском, 21 % в СЗФО, 14 % – Центральном, 13 % в Приволжском федеральных округах.

В результате реализации всех заявленных инвестиционных проектов будут созданы новые производственные мощности по заготовке и переработке древесины, в том числе увеличатся производственные мощности в:

- лесозаготовках – на 78,8 млн м³;
- производстве пиломатериалов – на 6,0 млн м³;
- производстве древесных листовых материалов – на 4984 тыс. м³, в том числе по фанере клееной – 1400 тыс. м³, ДСП – 1286 тыс. м³, OSB – 1070 тыс. м³, МДФ – 1228 тыс. м³;
- производстве продукции ЦБП по целлюлозе по варке – 2632 тыс.т, ХТММ – 590 тыс. т, целлюлозе товарной – 1625 тыс. т, бумаге – 2780 тыс. т и картону – 2529 тыс. т.
- деревянном домостроении: производстве домов деревянных заводского изготовления – на 282 тыс. м²; производстве элементов деревянного домостроения на 1132 тыс. м³;
- производстве продукции деревообработки (погонаж, столярные изделия и др.) – на 645 тыс. м³;
- производстве пеллет – на 950 тыс. т;
- производстве мебели – на 6,8 млрд руб.

По состоянию на 1 января 2012 г. реализовано 24 инвестиционных проекта с объемом инвестиций 69 млрд руб.

В результате созданы новые производственные мощности по заготовке и переработке древесины, в том числе увеличатся производственные мощности в:

- лесозаготовках – на 11,5 млн м³;
- производстве пиломатериалов – на 2,0 млн м³;

- производстве древесных листовых материалов – на 1642,0 тыс. м³
- производстве продукции ЦБП 205,0 тыс. т.
- производстве мебели – на 192 млн руб.

Вместе с тем, существующий механизм стимулирования развития глубокой переработки древесины в рамках постановления Правительства Российской Федерации от 30 июня 2007 г. № 419 «О приоритетных инвестиционных проектах в области освоения лесов» имеет ряд недостатков, устранение которых позволит активизировать инвестиционные процессы в лесном комплексе России:

- существующая нормативно-правовая база в части приоритетных инвестиционных проектов предусматривает одинаковые условия для всех инвесторов и не учитывает глубину и комплексность переработки выделяемых для реализации инвестиционного проекта лесных ресурсов. Такой подход не способствует стимулированию создания новых производств лесобумажной продукции более высоких технологических переделов, а также импортозамещающей продукции и как следствие более эффективному использованию лесных ресурсов;
- отсутствие единых критериев оценки и процедуры отбора заявок на реализацию приоритетных инвестиционных проектов в

области освоения лесов в субъектах Российской Федерации;

- отсутствие процедуры принятия отчета и требований к нему по приоритетным инвестиционным проектам в области освоения лесов, завершившим инвестиционную фазу и др.

Устранение данных недостатков будет способствовать повышению эффективности принятия управленческих решений в части использования древесного сырья, выделяемого для лесосырьевого обеспечения реализации приоритетных инвестиционных проектов в области освоения лесов, с учетом стратегических задач развития лесного комплекса РФ.

Библиографический список

1. Бурдин, Н.А. Проблемы стратегического развития лесного сектора экономики Российской Федерации (вопросы взаимодействия лесохозяйственной и лесопромышленной деятельности) / Н.А. Бурдин, В.В. Саханов // Лесной экономический вестник. – 2006. – № 3. – С. 3–175.
2. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 г., утвержденная приказом Минпромторга России и Минсельхоза России от 30.10.2008 № 248/482.
3. Моисеев, Н.А. Экономика лесного хозяйства: учеб. пособие / Н.А. Моисеев. – М.: МГУЛ, 2006. – 384 с.
4. Писаренко, А.И. Лесное хозяйство России. От использования к управлению / А.И. Писаренко, В.В. Страхов. – М.: ИД – «Юриспруденция», 2004. – 552 с.

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД ОЦЕНКИ ИНТЕРЕСОВ СУБЪЕКТОВ ЛЕСНЫХ ОТНОШЕНИЙ

В.А. КОНДРАТЮК, проф., ген. директор ФГУП «ГНЦ ЛПК», д-р экон. наук,
 Н.П. КОЖЕМЯКО, доц., зам. ген. директор ФГУП «ГНЦ ЛПК», канд. экон. наук,
 А.В. КОНДРАТЮК, нач. отдела эконом. развития ФГУП «ГНЦ ЛПК», канд. экон. наук

gnclpk@mail.ru

Целью развития лесного сектора экономики России является обеспечение потребностей общества в лесобумажной продукции, в недревесных продуктах и других полезностях леса на основе устойчивого управления лесами, неистощительного лесопользования для максимальной экономической выгоды участников лесных отношений с учетом со-

циальных, экономических и экологических его интересов.

При этом средства для достижения целей развития лесного комплекса могут быть различны в зависимости от конкретных задач, стоящих перед комплексом.

В плановой экономике важнейшей задачей, стоящей перед лесным комплексом,

Классификация интересов субъектов лесного бизнеса

Субъект предпринимательства (отношений)	Интерес	Примечание
Собственник леса	1. Доход от продажи леса на корню. 2. Доход от продажи недревесных продуктов леса, рекреационных функций леса 3. Капитализация собственности (леса)	В настоящее время в России собственник леса – государство
Государство: – Российская Федерация; – субъекты РФ; – регионы и муниципальные образования	1. Бюджетный доход 2. Экологическое положение 3. Социальное положение (рабочие места, заработная плата)	
Лесопользователи: – корпорации; – предприятия; – индивидуальные пользователи; – общественные организации лесопользователей.	1. Стоимость древесины на корню 2. Доступность и сроки лесопользования 3. Прибыль 4. Сертификация лесопользования	
Наемные работники	1. Зарботная плата 2. Рабочие места 3. Условия работы	
Потребители лесопродукции	1. Качество продукции 2. Цена продукции 3. Стабильность поставок 4. Сертификация продукции	
Кредиторы	1. Обеспечение кредита 2. Платежеспособность клиентов 3. Объемы оборотов Объем оборота	
Местное население	1. Рабочие места 2. Зарботная плата 3. Экология 4. Рекреационные культурно-ландш. функции лесов 5. Пользование недревесными продуктами лесов. 6. Сохранение растительного биол. разнообразия лесов	
Общественные экологические организации	1. Экология 2. Рекреационные, культурно-ландшафтные функции лесов 3. Сокращение растительного биол. разнообразия лесов.	

было обеспечение потребностей народного хозяйства в лесобумажной продукции и максимальное поступление валютных средств от лесного экспорта. При этом экономические интересы субъектом экономических отношений практически не принимались во внимание. Основными средствами достижения целей и решения задач лесного комплекса были командно-распределительные понуждения.

В рыночной экономике двигателем прогресса является интерес субъекта предпринимательства. В табл. 1 представлена классификация интересов субъектов лесного бизнеса.

Собственник леса заинтересован в получении максимального дохода от продажи леса на корню, а также повышении капитализации леса как имущественного комплекса. Кроме того, собственники леса могут получить от государства плату за рекреационные функции леса, расположенного в определенных регионах (вокруг городов, курортных мест и т.п.)

Плата за лес на корню определяется исходя из рыночной стоимости древесного сырья. В ряде стран величина этой платы определялась до недавнего времени в ходе переговорного процесса между владельцами

и потребителями древесины. В последнее время в силу антимонопольного законодательства устанавливается рыночный подход в определении платы за лес на корню (Финляндия). Оплата рекреационных функций лесов осуществляется государством по установленным нормативам (Германия). В формализованном виде экономический интерес владельца лесов

$$Bэ = Bп + Bр + Bк \times Kt. \quad (1)$$

где $Bэ$ – экономический интерес владельца леса, руб.

$Bп$ – плата за лес на корню, руб.

$Bр$ – плата за рекреационные функции леса, руб.

$Bк$ – капитализация леса, руб.

Kt – коэффициент дисконтирования.

Критерием эффективного использования леса ($Kв$) как источника получения дохода является максимизация экономического интереса на единицу имущественного комплекса (га, кубометр запаса леса)

$$Kв = \int (Bэ)/Q \rightarrow \max, \quad (2)$$

где Q – объект имущественного комплекса (леса), га.

Интерес лесопользователя в лесном бизнесе заключается в получении дешевого древесного сырья и максимальной прибыли, а также стабильности и прогнозируемости снабжения древесным сырьем.

Индивидуальные лесопользователи (имеются в виду малые предприятия и предприниматели) заинтересованы также в экономической доступности лесов, т.к. их экономические возможности ограничены по сравнению с крупными корпорациями. В ряде случаев индивидуальные лесопользователи выступают в качестве подрядчиков корпораций по заготовке древесины. Особенно этот опыт распространен в Скандинавских странах и в последние годы применяется в России.

Общественные организации лесопользователей выступают как выразители интересов корпораций и индивидуальных лесопользователей перед собственником лесов, потребителями и государством.

Интерес наемных работников, участвующих в лесном бизнесе, состоит в максимальном, стабильном получении заработной платы,

сохранении рабочих мест, и, естественно, с соблюдением необходимых условий труда установленных правилами техники безопасности.

Аналогично проявляется интерес местного (коренного) населения. При этом все более весомое значение приобретают экологические вопросы (состояние водных ресурсов, биосферы, рекреационные функции лесов), а также возможности использования недревесных продуктов лесов и сохранения растительного и биологического разнообразия лесов.

Интерес потребителя лесопродукции в получении качественной лесобумажной продукции и по более низким ценам, стабильности поставок товаров, а также, учитывая возрастание значения экологических интересов и общественное мнение, увеличивается внимание к сертификации лесопродукции как товара сертифицированного лесопользования.

Интерес кредиторов состоит в поддержке платежеспособности кредитопользователя (лесопользователей) и увеличении его объемов – оборота.

Одним из основных направлений действий государства в сфере экономики и, в частности, в лесном бизнесе является представление интересов всех своих граждан с помощью законодательной, исполнительной и судебной власти (создавая соответствующие институты), структурирует и согласовывает взаимодействия всех членов общества и социальных групп. Государство формирует правовые рамки функционирования экономики и гарантирует исполнение принятых законов и других правовых актов (обеспечение прав собственности, выполнение контрактов и т.п.).

Государство также заинтересовано в поддержке конкуренции, в развитии многообразия организационно-правовых форм и форм собственности субъектов бизнеса, в свободном развитии рынка. При этом должен быть достигнут разумный баланс между свободным развитием рынка и управляемостью со стороны государства, между развитием крупных корпораций и малого и среднего бизнеса, что будет отдельно рассмотрено в следующих разделах диссертационного исследования.

Поскольку государство является представителем всех членов общества, его (госу-

дарства) интересы в лесном бизнесе имеют специфические особенности. Здесь намеренно не выделяются отдельные министерства и ведомства как субъекты лесного бизнеса, так как они выступают от имени государства в исполнении возложенных на них функций.

В лесном бизнесе государство имеет экономический, социальный экологический интересы, которые выражаются формулой

$$I = I_{\text{э}} + I_{\text{с}} + I_{\text{л}} \quad (3)$$

где I – интересы государства в лесном бизнесе;

$I_{\text{э}}$ – экономический интерес государства;

$I_{\text{с}}$ – социальный интерес государства;

$I_{\text{л}}$ – экологический интерес государства.

Экономический интерес государства в условиях частной собственности на леса определяется в лесном бизнесе налоговыми поступлениями в бюджет. В лесном комплексе России, где лесфонд находится в государственной собственности (федеральной), экономический интерес государства как владельца лесов в лесном бизнесе значительно расширяются и выражается формулой

$$I_{\text{э}} = B_{\text{э}} + B, \quad (4)$$

где B – поступления в бюджет и внебюджетные фонды государства от лесного бизнеса, руб.

Социальный интерес государства в лесном бизнесе выражается в увеличении количества рабочих мест, величине заработной платы наемным работникам, обеспечивающей социальную стабильность. В денежном выражении социальный интерес государства может измеряться экономией выплат по безработице за счет занятых работников в лесном бизнесе.

Экологический интерес государства в лесном бизнесе определяется в сохранении (увеличении) рекреационных, водоохранных, ландшафно-эстетических и других экологических функций лесов.

Денежное выражение экологических функций лесов – предмет самостоятельных научных исследований. Одним из методических подходов в решении этой проблемы является денежная оценка количества кислорода, вырабатываемого лесами, (в будущем может

быть предметом продажи «квот» на загрязнение окружающей среды) – $Q_{\text{к}}$.

– экологического лесного туризма ($T_{\text{л}}$);

– водоохранных функций лесов ($\Phi_{\text{в}}$);

– других экологических функций ($D_{\text{э}}$)

В формализованном виде денежную оценку экологических функций лесов можно представить выражением

$$I_{\text{л}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{к}} i \times T_{\text{л}} i \times \Phi_{\text{в}} i \times D_{\text{э}} i. \quad (5)$$

Таким образом, интегрированное выражение экономического интереса государства представляется в следующем виде

$$I_{\text{э}} = B_{\text{э}} + B + \mathcal{E}_{\text{л}} + \sum Q_{\text{к}} i \cdot T_{\text{л}} i + \Phi_{\text{в}} i \cdot D_{\text{э}} i. \quad (6)$$

где $\mathcal{E}_{\text{л}}$ – денежное выражение социального интереса государства в лесном бизнесе.

Критерием эффективности лесного сектора в рыночной экономике для государства является максимальный экономический доход (интерес) при сохранении (улучшении) социальной стабильности общества и экологического положения.

$$I_{\text{э}} \rightarrow \max.$$

Достижение максимизации интегрированного экономического интереса государства возможно путем увеличения доходов от:

- Платежей за лес на корню;
- Налогов от лесного бизнеса;
- Капитализации леса (увеличение национального богатства);
- Экономии на социальных выплатах за счет увеличения количества занятых работников в лесном бизнесе;
- Доходов от улучшения экологических функций лесов (продажа «квот» на загрязнение окружающей среды), водоохранных функций лесов, экологического лесного туризма и др.

Таким образом, лесной бизнес будет успешно развиваться при оптимальном соблюдении всех интересов его участников. Перенос главного компонента экономического интереса государства как собственника лесных ресурсов на налоговые платежи вместо дохода от продажи лесных ресурсов отвечает интересам всех участников лесного бизнеса. Лесопользователь получает экономически доступные ресурсы и при условии рентного регулирования экспорта круглого леса направляет инвестиции на создание перераба-

тывающих производств, создаются рабочие места, обеспечиваются потребности рынка в конкурентоспособной продукции.

При этом обеспечивается усиление экологических функций лесов, т.к. происходит омолаживание лесов, улучшение структуры древостоя, их культурно-ландшафтных характеристик и, следовательно, увеличение интегрированного экономического дохода государства.

При формировании концептуальных основ государственной политики по развитию лесного комплекса необходимо учитывать основные принципы развития лесного бизнеса как со стороны государства, так и со стороны лесного бизнеса.

Со стороны государства принципы развития лесного бизнеса должны быть направлены на гарантированный свободный платный доступ к источникам сырья, а также понятные законодательные, в т.ч. налоговые правила ведения бизнеса и прогнозируемость их применения.

Со стороны бизнеса принципы развития лесного бизнеса должны быть направлены на обеспечение выплаты заработной платы наемным работникам, обеспечивающей достойный их уровень жизни, увеличение количества рабочих мест, своевременную выплату налогов и др.

Библиографический список

1. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 г., утвержденная приказом Минпромторга России и Минсельхоза России от 30.10.2008 № 248/482.
2. Моисеев, Н.А. Экономика лесного хозяйства: учеб. пособие / Н.А. Моисеев. – М.: МГУЛ, 2006. – 384 с.
3. Писаренко, А.И. Лесное хозяйство России. От использования к управлению / А.И. Писаренко, В.В. Страхов. – М.: ИД – «Юриспруденция», 2004. – 552с.
4. Бурдин, Н.А. Проблемы стратегического развития лесного сектора экономики Российской Федерации (вопросы взаимодействия лесохозяйственной и лесопромышленной деятельности) / Н.А. Бурдин, В.В. Саханов // Лесной экономический вестник, 2006. – № 3. – С. 3–175.

ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЕ В КОНТЕКСТЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЛЕСНОЙ ПОЛИТИКИ

В.В. САХАНОВ, зав. сектором ФГУП «ГНЦ ЛПК», канд. экон. наук,

В.А. КОНДРАТЮК, проф., ген. директор ФГУП «ГНЦ ЛПК», д-р экон. наук

sakhanov@rambler.ru

Обладание Российской Федерацией наибольшими по сравнению с другими странами запасами леса не делает ее автоматически конкурентной на глобализированном лесном рынке. В этой связи в российском лесном секторе экономики, в состав которого входят лесное хозяйство и лесопромышленный комплекс, длительное время идет поиск эффективных форм взаимодействия участников лесных отношений – государства, бизнеса и общества.

В научной литературе имеют место различные мнения о связи видов экономической деятельности, связанных с лесным хозяйством и лесопромышленным производством. Академик Моисеев Н.А. считает, что в состав лесного хозяйства входят охрана

и защита лесов, их рациональное использование и воспроизводство с учетом целевого назначения, а также раздел, связанный с лесопользованием, который включает все виды пользования теми или иными ресурсами и услугами леса, в том числе и различные виды рубок леса [1]. Академик Писаренко А.И. представляет структуру лесного сектора экономики в виде трех самостоятельных блоков – лесоводственного, лесозаготовительного и лесоперерабатывающего [2].

По нашему мнению, рассмотрение лесного комплекса как единого субъекта управления позволит снять ряд противоречий в отношениях лесного хозяйства и лесопромышленного комплекса. Это позволит на всех уровнях управления соблюдать единый методологический

подход, не только при проведении анализа деятельности предприятий и организаций лесного сектора экономики, но и в других вопросах регулирования и координации деятельности, включая вопросы оценки его вклада в социально-экономическое развитие страны [3].

Успешность деятельности лесного комплекса определяется многими факторами, важнейшим из которых является эффективное лесопользование.

По экономическому содержанию лесопользование можно определить как целенаправленную деятельность государства, хозяйствующих субъектов и населения, направленную на оптимальное использование всех многообразных ресурсов и услуг леса в соответствии с социальными, экологическими и экономическими потребностями общества.

Лесосырьевые ресурсы Российской Федерации позволяют обеспечить не только текущие и перспективные потребности страны в древесине и продуктах ее переработки, но и значительно расширить экспорт лесобумажной продукции, а лесной сектор, включающий лесное хозяйство, заготовку и переработку древесины, производство социально-значимых товаров и услуг, может и должен стать приоритетным в национальной экономике.

Эффективность деятельности лесного комплекса экономики страны в определяющей степени зависит от эффективности лесопользования.

Лесопользование включает заготовку и переработку древесины, живицы, недревесных и пищевых лесных ресурсов, осуществление рекреационной и других видов деятельности, разрешенных лесным законодательством. Лесопользование включает деятельность как хозяйствующих субъектов, так и организаций, занимающихся природоохранной и рекреационной деятельностью, местного населения, занимающегося заготовкой лесной продукции и других групп населения и бизнеса, заинтересованных в получении и использовании материальных и нематериальных полезностей лесов.

Государство перед лесопользованием, наряду с лесохозяйственными целями, ставит ряд социально-экономических задач, важнейшие из которых – удовлетворение пот-

ребностей внутреннего рынка в высококачественной и конкурентоспособной лесобумажной продукции отечественного производства; снижение доли импортируемой продукции на внутреннем рынке, повышение экспортного потенциала лесного сектора, повышение вклада лесного комплекса в социально-экономическое развитие регионов страны, обеспечение эффективной занятости населения в лесных регионах, в том числе в градообразующих и монопрофильных населенных пунктах и др.

Анализ современного состояния лесопользования показывает наличие кризисных явлений в лесобеспечении лесоперерабатывающей промышленности. При фактических больших запасах лесов ощущается недостаток определенных видов сырья, при высоких затратах на их заготовку, экономической и транспортной недоступности большей части лесного фонда. В составе освоенных лесов самые рентабельные ресурсы – высокосортный крупный пиловочник и фанерный кряж в значительной степени истощены, а потому без организации освоения новых лесных массивов вовлечение в переработку названных ресурсов будет затруднено. При этом следует иметь в виду, что леса в Российской Федерации размещены на огромной территории, резко различающейся как по лесорастительным условиям, так и по развитости промышленности и наличию транспортной инфраструктуры, по плотности населения, удаленности от рынков сбыта и по другим факторам. Это требует проведения дифференцированного подхода к организации лесопользования по территории страны.

Анализируя современное состояние лесопользования, можно сделать вывод, что лесной фонд страны используется недостаточно интенсивно (табл. 1). В 2011 г. по объему заготовки древесины по всем видам рубок не был достигнут уровень предкризисного 2007 г. Процент использования расчетной лесосеки в 2011 г. составил по РФ 29,5 % при 31,9 % в 2007 г. Снижение уровня этого показателя за период 2007–2011 г. имело место во всех федеральных округах (за исключением Приволжского и Сибирского) (таблица).

При этом уровень освоения расчетной лесосеки в европейской части Россий-

Заготовка древесины по федеральным округам Российской Федерации, тыс. м³

Федеральные округа	2007 год		2011 год	
	Заготовлено – всего	% от установленного объема	Заготовлено – всего	% от установленного объема
Россия всего	206164	31,9	196733,4	29,5
Центральный	22194	50,2	29536,7	46,4
Северо-Западный	55388	46,6	50358,4	40,7
Южный	1450	59,9	848,3	34,9
Приволжский	29593	39,7	32865,7	43,7
Уральский	20976	27,6	168964	22,2
Сибирский	56697	22,5	58394,5	23,0
Дальневосточный	19866	26,8	21994,9	17,9

ской Федерации постоянно остается более высоким по отношению к регионам Урала, Сибири и Дальнего Востока. Относительно низкий уровень лесопользования в азиатской части Российской Федерации во многом связан с недостаточным уровнем развития лесопереработки в этих регионах. По данным за 2010 г. на азиатскую часть РФ приходилось 17,5 % производственных мощностей по фанере клееной, 14,7 % – по древесно-стружечным плитам, 7,7 % по бумаге и 17,1 % – по картону, при наличии в этом регионе достаточного по количеству и товарной структуре запасов древесного сырья.

Увеличение объемов лесопользования может быть достигнуто путем вовлечения в эксплуатацию новых, еще не освоенных лесных территорий и интенсификации лесопользования в уже освоенных лесах. Определенные сдвиги в территориальном размещении лесопереработки заложены в Стратегию развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 г. (далее Стратегия) [4]. Стратегией предусматривается опережающее развитие производств по глубокой переработке древесины в лесоизбыточных регионах Сибири и Дальнего Востока, главным образом путем строительства крупных лесоперерабатывающих комплексов в Красноярском и Хабаровском краях, Томской, Читинской и Амурской областях, объединяющих различные производства лесопродукции. За период 2007–2020 г. производство в Дальневосточном федеральном округе по сравнению с РФ в целом вырастает: по деловой древесине – в 1,2 раза, по пиломатериалам – 3 раза, по

древесно-стружечным плитам – в 7,6 раза. Вновь создаются мощности по фанере клееной, древесно-волокнуистым плитам, целлюлозе, бумаге и картону. Реализация Стратегии позволит повысить уровень лесопользования в азиатской части РФ, но в целом проблема остается актуальной и потребует разработки дополнительных мер.

Достижение конкретных целей Стратегии обеспечивается реализацией инвестиционных проектов развития глубокой переработки древесины и освоения новых лесных массивов, важное место среди которых занимают проекты, выполняемые в соответствии с постановлением Правительства РФ от 30 июня 2007 г. № 419 «О приоритетных инвестиционных проектах в области освоения лесов». За период с 2008 по апрель 2012 г. в перечень приоритетных инвестиционных проектов в области освоения лесов включено 120 проектов с общим объемом финансирования 417 млрд руб., позволяющих вовлечь в хозяйственный оборот 79 млн м³ заготовленной древесины.

По состоянию на 01.02.2012 г. реализовано 19 приоритетных инвестиционных проектов в области освоения лесов, в том числе в 2009 г. – 9, в 2010 г. – 8 и в 2011 г. – 2. Объем освоенных инвестиций составил 62,3 млрд руб. В результате завершения этих проектов введены новые мощности, позволяющие более рационально использовать лесные ресурсы и повысить уровень переработки заготовленной древесины. Введены новые мощности, в том числе: в лесопилении – 1,7 млн м³, по фанере и шпону – 807 тыс. м³, древесно-волокнуистым

плитам средней плотности (МДФ) – 700 тыс. м³, древесно-стружечным плитам – 700 тыс. м³, целлюлозы по варке – 189 тыс. т, бумажной продукции – 145 тыс. т.

За счет реализации данных проектов дополнительно вовлекается в переработку более 9 млн м³ заготавливаемой древесины.

Причин неудовлетворительного состояния дел в лесном комплексе немало.

В числе основных причин можно выделить неразвитость экономики лесных отраслей, отсутствие экономической и управленческой связи между лесовыращиванием, заготовкой и потреблением древесины, несоответствие между покрытой лесом площадью и выходом готовой лесной продукции. Остаются низкими развитие внутреннего рынка лесопродукции, уровень потребления лесобумажной продукции на душу населения.

Одной из причин отставания в развитии лесного сектора от мирового уровня является отсутствие в стране долгосрочной национальной лесной политики.

Направленность национальной лесной политики в сфере лесопользования определяется необходимостью преодоления возникших системных проблем и в обеспечении государственной поддержки приоритетов в развитии производства и потребления лесобумажной продукции. Среди этих приоритетов повышение емкости внутреннего рынка лесобумажной продукции через повышение покупательной способности населения, поставки на него конкурентоспособной продукции отечественного производства, увеличение доли деревянного домостроения в жилищном строительстве, увеличение выработки тепла и энергии, в том числе на действующих ТЭЦ с использованием низкокачественной древесины и древесных отходов и использование других экономических факторов развития и защиты внутреннего рынка.

Максимальное использование всей биомассы заготовленной древесины на основе углубленной механической, химической и энергетической переработки древесины, способных переработать в конкурентоспособную продукцию с высокой добавленной стоимостью, низкокачественную, лиственную и

тонкомерную древесину, а также древесные отходы лесозаготовок и деревообработки.

Преодоление технологического отставания от мирового уровня развития лесоперерабатывающих производств на основе внедрения «прорывных» инновационных проектов в лесном комплексе, позволяющих снять структурные ограничения развития отрасли и выйти на производство совершенно новых (по потребительским свойствам) видов лесобумажной продукции, востребованных на внешнем и внутреннем рынках (новые конструкционные материалы на основе древесины, экологически безопасные листовые древесные материалы, волокнистые полуфабрикаты, полученные без применения элементарного хлора, высококачественные виды бумаги и картона для печати и упаковки, широкий ассортимент санитарно-гигиенических изделий, малотоннажных видов бумаги для промышленности, современных лесохимических материалов медицинского и промышленного назначения).

Стимулирование развития фундаментальных и прикладных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ должно быть поддержано государством путем увеличения финансирования научных организаций за счет бюджетных средств и стимулирования участия лесного бизнеса в финансировании научно-исследовательской деятельности. Концентрация государственных и частных средств в сфере научных исследований позволит перейти от распыления финансовых ресурсов на решение мелких и частных вопросов, к полномасштабному финансированию решения научных проблем стратегического характера, развитию инновационно-технологических центров, опытных предприятий, испытательных станций и полигонов. Требуется преодоления практика заключения годовых контрактов на выполнение НИОКР, цикл разработки которых от создания конструкторской документации, выпуска опытных образцов до организации серийного производства составляет не менее 3 лет.

Для повышения инвестиционной привлекательности лесного сектора государство должно проводить политику поддержки инвестиционных проектов в области освоения

лесов, повышения доступности кредитных ресурсов, разработки механизмов выделения государственных субвенций и субсидий субъектам Российской Федерации и инвесторам для реализации проектов, направленных на расширение внутреннего рынка потребления лесопродукции и увеличения лесозаготовительного потенциала. Особое место в инвестиционной политике должно занять преодоление несовершенства финансовой системы, не позволяющей привлечь в отрасль долгосрочные кредитные ресурсы под капиталоемкие проекты с длительным сроком окупаемости инвестиций, в первую очередь, в строительство новых целлюлозно-бумажных комбинатов (объем потребных инвестиций более 1,0 млрд евро, срок окупаемости более 7 лет).

Экономический механизм лесопользования государством формируется для основных видов пользования на платной основе. Плата за лесные ресурсы должна устанавливаться на основе дифференцированной оценки рыночной стоимости лесных ресурсов и услуг, определяемых с учетом состояния лесов, экологической и социальной ценности, а также экономической и технологической доступности.

В вопросах ставок отпуска древесины на корню в повестку дня встают вопросы

- оптимизации ценообразования в зависимости от породного состава лесного фонда, передаваемого в аренду лесопользователям, на которых не проводилось лесоустройство более 10 лет;

- снижения ставок отпуска древесины на корню (а в отдельных случаях их обнуление) при отпуске в заготовку ветровальной древесины, горельников, усыхающих древостоев, оставление которой в лесном фонде связано с повышением пожарной и фитопатологической опасности.

- установления порядка определения и выплаты компенсаций лесозаготовителям повышенных затрат на заготовку ветровальной древесины, горельников, усыхающих древостоев и древесины на площадях лесного фонда, пройденных пожарами и поврежденными вредными организмами.

Основным видом права пользования является аренда лесных участков как форма

государственно-частного партнерства при освоении лесов. Развитие этой формы требует постоянного совершенствования законодательных условий и практических механизмов, направленных на повышение ответственности арендатора за освоение лесного участка. При передаче лесных участков в аренду должен обеспечиваться должный уровень конкуренции среди претендентов. При преимущественной ориентации на крупные корпоративные лесопромышленные объединения должны быть созданы также условия для развития малого и среднего лесного бизнеса, лесного фермерства. Должно быть обеспечено поэтапное совершенствование института аренды в лесах и снижение коррупционности в этой сфере через развитие системы независимого аудита выполнения условий договоров аренды. Требуется экономической и законодательной проработки вопрос о возможности в перспективе, при возникновении необходимых условий, на части территории неосвоенных лесов, без сложившейся инфраструктуры и требующих значительных средств для вовлечения этих участков лесного фонда в эксплуатацию, замены аренды на концессию лесного участка.

При использовании лесов должны применяться технологии и технические средства, обеспечивающие минимальное нарушение лесных экосистем и сохранение их биологического разнообразия. При выборе способов рубок предпочтение должно отдаваться способам в наименьшей степени нарушающим лесную среду и имитирующим естественную динамику лесов – различным видам выборочных и постепенных рубок. Эти положения должны быть закреплены на законодательном уровне.

В предстоящий период усилия государства должны быть направлены на преодоление неадекватности российского лесного машиностроения задачам развития лесного комплекса.

Важной задачей государственного значения является решение проблемы формирования в лесном фонде страны достаточной сети лесных дорог противопожарного, лесохозяйственного назначения и обслуживающих потребности лесозаготовительной промышленности. Необходимо поддерживать

действия, принимаемые в субъектах Российской Федерации по оптимизации плотности лесных дорог, позволяющих минимизировать затраты на строительство и эксплуатацию дорог, по расширению их возможностей для перевозки заготавливаемой древесины. Меры поддержки развития дорожной инфраструктуры должны содействовать интенсификации лесопользования в староосвоенных лесных районах, в том числе путем обеспечения возможности осуществления выборочных и сплошнолесосечных мелкоконтурных рубок, повышению эффективности охраны лесов от пожаров, но предотвращать рубку малонарушенных лесных территорий.

На государственном уровне должны быть разработаны и уточнены нормативные документы, определяющие статус лесных дорог и условия их учета в едином государственном реестре автомобильных дорог, а также включения лесных дорог в схемы территориального планирования субъектов Российской Федерации, для которых лесопромышленное производство является одним из приоритетных направлений социально-экономического развития.

Важной государственной задачей является проведение системы мер по сокращению незаконных рубок и нелегального оборота древесины, наносящих ущерб как бюджетной системе страны, так и нормальным условиям ценообразования в отношении хозяйствующих субъектов из-за демпинговых цен на незаконно заготовленную древесину.

Обеспечение этого направления деятельности должно осуществляться через координацию деятельности правоохранительных и таможенных органов, внедрения государственной системы учета и оборота заготовленной древесины, поддержки добровольных систем лесной сертификации.

В связи с демографическим провалом в середине 1990-х гг. все более остро встает вопрос о повышении производительности труда в лесном комплексе, который непосредственно связан с подготовкой высококвалифицированных рабочих, способных обслуживать инновационные технологии и высокопроизводительное оборудование. По-

вышенные требования к увеличению объемов и качества подготовки специалистов потребуют более тесного сотрудничества колледжей и техникумов лесотехнического профиля с хозяйствующими субъектами.

Принципиальной оценки требуют вопросы проведения национальной лесной политики в условиях вступления Российской Федерации в ВТО. Успешная деятельность лесопользователей будет зависеть от способности вывода ими отечественной лесопродукции на уровень мировых стандартов, развитие процессов импортозамещения, от того, насколько успешно будут реализовываться положительный потенциал вступления в ВТО. Это, в первую очередь, относится к возможности снижения издержек производства за счет снижения пошлин на импортное оборудование, химикаты, материалы, запасные части, получаемые по импорту. Предстоит расширить маркетинговые исследования по лесопродукции, имеющей преимущественное потребление на внутреннем рынке (листовые древесные материалы, мебель) с целью более тщательного изучения зарубежных рынков и условий вхождения на них, требований зарубежных оптовиков по ассортименту и ценам, условиям поставок.

Вступление РФ в ВТО потребует разработки ряд мер по защите российских лесопромышленников от необоснованного импорта лесобумажной продукции на внутренний рынок. Эти меры должны включать:

- разработку квот поставок лесопродукции на внутренний рынок и методологическое обеспечение для определения этих квот;
- разработку технических регламентов, стандартов, сертификационных правил и требований, исключающих поставку на внутренний рынок некачественной продукции;
- определение преференций отечественным производителям лесопродукции при размещении государственного заказа на поставку продукции для государственных нужд, в том числе мебели для учреждений госсектора, деревянных домов заводского изготовления, строительных и конструкционных материалов для малоэтажного деревянного домостроения и в других случаях.

Лесной комплекс РФ развивается в тесном взаимодействии с международными договоренностями по сохранению и преумножению экономического, социального и экологического потенциала лесов, сохранению биологического разнообразия. Лесопользование как составная часть лесной национальной политики, с учетом традиций и условий Российской Федерации, должна использовать передовой опыт ведущих лесопромышленных стран совершенствовании техники и технологий ведения лесопромышленной деятельности, учета интересов всех участников оесных отношений.

Выводы

Принятие национальной лесной политики наряду с определением путей оптимизации и развития лесного сектора экономики позволит:

– на системной основе вести работу по совершенствованию лесного законодательства, повысить прозрачность лесных отношений и инвестиционную привлекательность лесного бизнеса;

– обеспечить потребности внутреннего рынка в отечественной продукции лесного сектора экономики;

– обеспечить постоянную занятость местного населения и получение устойчивых доходов;

– обеспечить сохранение лесного фонда и его экологического потенциала как естественной среды обитания населения страны.

Библиографический список

1. Моисеев, Н.А. Экономика лесного хозяйства: учеб. пособие / Н.А. Моисеев. – М.: МГУЛ, 2006. – 384 с.
2. Писаренко, А.И. Лесное хозяйство России. От использования к управлению / А.И. Писаренко, В.В. Страхов. – М.: ИД – «Юриспруденция», 2004. – 552с.
3. Бурдин, Н.А. Проблемы стратегического развития лесного сектора экономики Российской Федерации (вопросы взаимодействия лесохозяйственной и лесопромышленной деятельности) / Н.А. Бурдин, В.В. Саханов // Лесной экономический вестник, 2006. – № 3. – С. 3–175.
4. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 г., утвержденная приказом Минпромторга России и Минсельхоза России от 30.10.2008 № 248/482.

ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Н.П. КОЖЕМЯКО, доц., зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК», канд.экон.наук,
А.В. КОНДРАТЮК, нач. отдела эконом. развития ФГУП «ГНЦ ЛПК», канд. экон. наук

gncplpk@mail.ru

Концептуальные основы стратегического управления развитием экономики представляют собой систему государственных мер законодательного, исполнительного и контролирующего характера, осуществляемых органами власти в целях поступательного, динамичного развития промышленности, науки, культуры, повышения жизненного уровня населения, укрепления безопасности, обороноспособности страны.

К главным целям государственного управления развитием экономики относят экономический рост, высокий уровень занятости и жизни населения, стабильность цен, внешнеэкономическое равновесие, т.е. до-

стижение сбалансированности развития всех отраслей промышленности и видов производств, территориальных комплексов и регионов, недопущение диспропорций экономического развития страны.

Лесной сектор экономики Российской Федерации по стратегическому потенциалу является важным и включает лесное хозяйство и лесопромышленный комплекс. В лесном секторе России государство играет важную роль, с одной стороны, как собственник лесных ресурсов, с другой – как стабилизирующий фактор развития нерыночных лесных отношений.

Поэтому при формировании концептуальных основ управления стратегическим

развитием лесного сектора необходимо учитывать все интересы его субъектов с целью создания максимально благоприятных условий развития сектора.

Для решения задач и достижения стратегической цели развития лесного комплекса РФ необходима разработка конкретных мер по развитию форм и методов управления стратегическим развитием лесного комплекса, а также действенных инструментов и механизма их исполнения.

Механизмы и инструменты решения многих из указанных вопросов комплексного развития лесного комплекса нашли отражение в принятой Стратегии развития лесопромышленного комплекса России на период до 2020 г. В ней также были учтены важнейшие законодательные и нормативные правовые акты, определяющие политику государства в лесном комплексе на длительную перспективу (Лесной кодекс РФ; Постановление Правительства РФ от 5 февраля 2007 г. № 75, утвердившее график поэтапного повышения ставок вывозных таможенных пошлин на необработанные лесоматериалы, и другие официальные документы, регулирующие таможенно-тарифную политику в лесном комплексе; Постановление Правительства РФ от 30 июня 2007 г. № 419 «О приоритетных инвестиционных проектах в области освоения лесов», определившее механизмы привлечения инвестиций в лесопереработку).

На рисунке приведены разработанные инструменты управления стратегическим развитием лесного комплекса России в разрезе политики обеспечения ресурсами, а также промышленной, внешнеэкономической, налоговой, инвестиционной, бюджетно-финансовой, антимонопольной, социальной и экологической политики.

Действующие инструменты развития лесного комплекса России рассматриваются в разрезе обеспечения ресурсами, промышленной (производственной), внешнеэкономической, налоговой, инвестиционной, бюджетной и антимонопольной политики, а также политики управления государственным имуществом комплексом и др., относящейся как к административным, так и к специальным косвенным методам государственного регулирования.

Управление ресурсным блоком в части снабжения предприятий лесным фондом осуществляется в основном с помощью нормативов передачи участков лесфонда в аренду и концессию, а также проведения аукционов по продаже лесосечного фонда. Учитывая высокий экономический и социальный интерес государства в развитии лесного бизнеса, непременным условием передачи участков лесного фонда в долгосрочную аренду и концессию должна быть конкурентность, а критерием для определения победителя – объем инвестиций в развитие производства продукции высокой добавленной стоимости и экологической безопасности производства. При этом размер арендной (концессионной) платы должен быть установлен в пределах, обеспечивающих экономическую доступность лесного фонда.

Значимым инструментом управления лесопользованием являются нормативы лесопользования, лесовосстановления и сертификации, ориентированные на полное использование лесосечного фонда, соблюдение лесоводственных требований, качественное и своевременное лесовосстановление.

Промышленный (производственный) блок регулируется комплексом норм и нормативов по сертификации и стандартизации продукции, экологической безопасности производства и охране окружающей среды, охране труда работников, а также нормами мобилизационной подготовки в случае нестандартных ситуаций. Эти нормы преследуют в основном социальные и экологические интересы государства, а также обеспечение безопасности государства в особых случаях.

Важнейшим инструментом стратегического управления лесным сектором является регулирование его внешнеэкономической деятельности, прежде всего введение экспортных пошлин на поставки круглого леса за рубеж для экономического стимулирования инвестиций в лесопереработку в России. При этом нельзя забывать о дифференциации экспортных пошлин по регионам страны в зависимости от расстояния перевозки от производителя до пересечения границы России и востребованности сырья внутри страны. Существующие в настоящее время экспортные

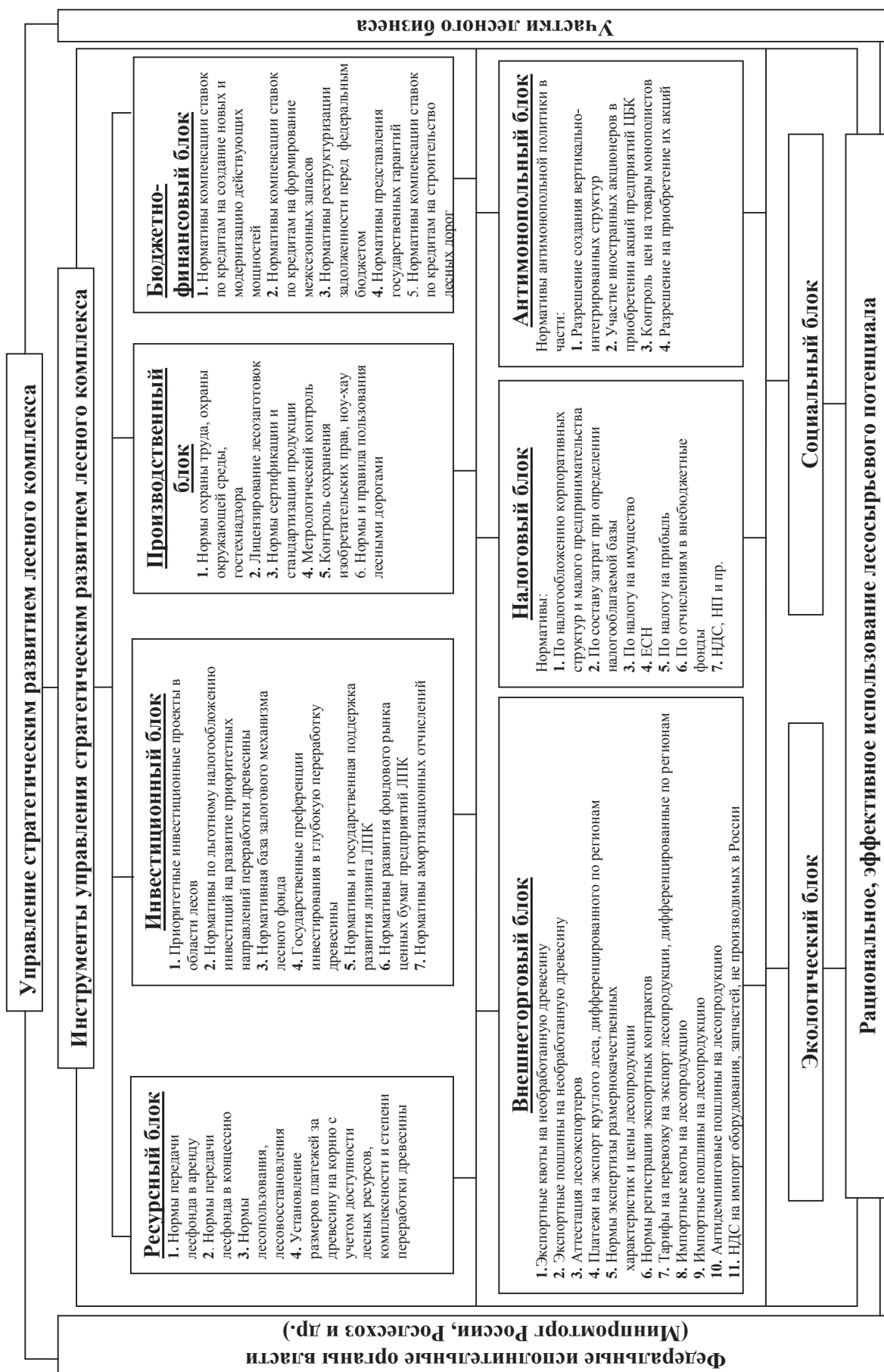


Рисунок. Инструменты управления стратегическим развитием лесного комплекса

пошлины, одинаковые для всех регионов, практически свели на нет экспорт круглого леса из отдаленных северных регионов страны (где нет собственной лесопереработки) и привели к снижению объемов экспорта древесины, неперерабатываемой внутри страны.

Целесообразно также применять нормы нетарифного регулирования экспортных нормативов размерно-качественных характеристик лесобумажной продукции, нормативы регистрации экспортных контрактов и аттестации лесоэкспортеров, что позволяет контролировать недобросовестных лесоэкспортеров и значительно увеличить «прозрачность» этой деятельности.

Развитие ЛПК в значительной степени зависит от регулирования импорта лесопродукции и продукции лесного машиностроения. Тарифное регулирование импорта, прежде всего, относится к продукции высокой добавленной стоимости (мебель, столярные изделия, высококачественные сорта бумаги, картона и изделия из них и др.). Очевидно, что в рыночных условиях импортные пошлины не могут быть запретительными. Вместе с тем эти пошлины должны стимулировать иностранные фирмы к размещению производства продукции высокой добавленной стоимости на территории России, а не из российской древесины – за рубежом.

Размер импортных пошлин должен быть таким, чтобы импортная продукция определенной товарной группы и равного качества была дороже отечественной.

Безусловно, следует отменить импортные пошлины и на поставки оборудования, не производимого в России. В основном это деревообрабатывающее, плитное, фанерное, целлюлозно-бумажное оборудование. Такие меры значительно снизят стоимость импортного оборудования (до 25–35 %) и затраты на ввод новых мощностей, а следовательно, повысят инвестиционную привлекательность проектов по глубокой переработке древесины.

Регулирование импорта лесобумажной продукции, а также лесных машин и оборудования позволяет государству обеспечить ускоренное развитие производств по глубокой переработке древесины и отвечает его экономическим интересам.

Важнейшим инструментом стратегического управления развитием ЛПК является инвестиционная политика. Однако в настоящее время макроэкономические регуляторы инвестиционных процессов (нормативы по льготному налогообложению реинвестирования прибыли и инвестиций на развитие производства, нормативы лизинговой деятельности, нормативы развития фондового рынка и др.), а также специфические «лесные» рычаги управления и привлечения инвестиционных потоков в ЛПК слабо задействованы. В частности, не нашли развития, законодательного и нормативного оформления положения залоговых механизмов на базе лесосечного фонда (леса на корню). Участки лесного фонда, переданные в долгосрочную аренду (концессию), могли бы быть предметом залога для привлечения инвестиций как с позиции денежной оценки «права аренды», так и «запасов леса на корню».

Налоговая политика также является важнейшим регулирующим направлением и включает нормативы формирования налогооблагаемой базы прибыли хозяйствующих субъектов, а также нормативы налогообложения оборота капитала и фонда заработной платы. По источникам выплат налогов их можно классифицировать как налоги, включаемые в затраты на производство продукции, налог на прибыль и налог на добавленную стоимость.

Особое значение, с точки зрения налогооблагаемой базы прибыли, в лесопромышленном комплексе имеют нормативы состава затрат, включаемых в себестоимость продукции для целей налогообложения. Учитывая специфику ЛПК по заготовке, переработке древесины, а также охрану лесов, лесовосстановление, уход за лесом и особенно развитие арендных, концессионных отношений по лесопользованию, необходима разработка в установленном порядке нормативов включения в себестоимость лесопродукции следующих затрат по:

- строительству лесных дорог (как технологических транспортных путей);
- обеспечению рабочих, работающих в лесу, питанием, доставкой к месту работы и обратно;

- лесовосстановлению и уходу за лесом;
- охране лесов от пожаров и вредителей леса;
- медицинскому страхованию работающих от профессиональных заболеваний и несчастных случаев и др.

В целях стимулирования развития интеграционных процессов в ЛПК для совершенствования его структуры целесообразно отменить взимание НДС на продукцию, реализуемую внутри корпоративных структур как сырье для дальнейшей переработки, а НДС взимать с конечной продукции, реализуемой за пределы корпораций. Это позволит участникам корпоративных структур снизить размер необходимых оборотных средств, ускорить их оборачиваемость при неизменном размере НДС, получаемом государством от корпораций.

В настоящее время налоговые инструменты в ЛПК задействованы слабо и требуют значительного совершенствования. Хотя более 2/3 дохода государства от лесного бизнеса составляют именно налоговые поступления.

Продолжая анализ инструментов стратегического управления ЛПК, нельзя не коснуться бюджетной политики, прежде всего нормативах процентных ставок банковских кредитов, которые позволяют определить доступность кредитных ресурсов для предприятий для целей текущего потребления и долгосрочных вложений. В настоящее время стоимость рублевых кредитных ресурсов в 15–20 % годовых ограничивает их доступность по краткосрочным кредитам для предприятий лесного комплекса и тормозит их динамичное поступательное развитие по сравнению с развитыми странами (где эти проценты составляют 2,5–5,0 %). Большие трудности возникают при необходимости долгосрочного кредитования. Поэтому в целях оживления инвестиционных процессов, увеличения темпов роста ЛПК необходимо снижение нормативов банковских процентных рублевых и валютных ставок как минимум в 2–3 раза.

Немаловажное значение для управления развитием ЛК имеют нормативы компенсации процентных ставок за кредитные ресур-

сы за счет бюджета государства (федерального и субъектов Российской Федерации) для целей создания межсезонных запасов древесного сырья, а также нормативы реструктуризации задолженности хозяйственных обществ лесного комплекса перед федеральным бюджетом.

В современных условиях важнейшими инструментами управления развитием ЛПК являются нормативы реорганизационных процедур (банкротства) хозяйственных обществ, поскольку в настоящее время эти предприятия работают с низкой эффективностью.

Для обеспечения экологических интересов государства используются экологические нормативы в части лесопользования, лесовосстановления, рекреационных функций лесов, а также производственных отходов и выбросов.

Социальные нормативы, направленные на установление размера минимальной заработной платы, прожиточного минимума, нормативов предоставления рабочих мест для определенных категорий работников, для отчислений на их содержание и др., имеют важнейшее значение для обеспечения социальной стабильности общества.

Важным направлением повышения управляемости, сбалансированности, динамичности и эффективности ЛК является создание корпоративных интегрированных структур и применение нормативов антимонопольной политики:

- нормы доли занимаемого рынка (страны, региона) определенного вида продукции;
- нормы размера пакета акций акционеров;
- норма прибыли от реализации продукции монополиста и др.

В настоящее время эти инструменты развития ЛПК задействованы слабо и в основном направлены на регулирование доли занимаемого рынка и частично нормы прибыльности.

Библиографический список

1. Кожемяко, Н.П. Управление стратегическим развитием лесного сектора Российской Федерации на принципах частно-государственного партнерства / Н.П. Кожемяко. – М.: ФГУП «ГНЦ ЛПК», 2011. – 160 с.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИНТЕРЕСЫ УЧАСТНИКОВ ЛЕСНОГО СЕКТОРА РОССИИ

А.В. КОНДРАТЮК, *нач. отдела эконом. развития ФГУП «ГНЦ ЛПК»*, канд. экон. наук,
С.А. КОНЬШАКОВА, *доц. БГИТА*, канд. экон. наук,
С.Г. КУЗНЕЦОВ, *доц. БГИТА*, канд. экон. наук

gnclpk@mail.ru

Лесной сектор экономики России представляет собой сложную систему взаимодействия интересов государства, бизнеса, частных потребителей. Несмотря на богатство лесосырьевой, ресурсной базы, служащей основой устойчивого развития, лесная и лесоперерабатывающая промышленность сталкивается с рядом системных проблем. Основными из них являются несовершенство системы государственного регулирования лесного сектора, слабое развитие конкурентной среды внутреннего рынка, слабая экономическая база устойчивого лесопользования, отсутствие стимулов у лесопереработчиков для глубокой переработки ресурсов, неразвитость лесной и лесоперерабатывающей инфраструктуры, сужение воспроизводства лесных ресурсов. Непременным условием решения указанных проблем является согласование интересов участников лесного бизнеса.

Формируя понятийный аппарат исследования, отметим, что в общем понимании, представленном в Большой советской энциклопедии, интерес представлен как реальная причина действий, событий, свершений, стоящая за непосредственными побуждениями – мотивами, помыслами, идеями и т. д. участвующих в этих действиях индивидов, социальных групп, классов.

Анализируя современные представления об экономической направленности интересов индивидов и групп, учитывающие достижения как экономической, так и социологической и философской наук, отметим, что экономический интерес представляет собой основную категорию для обозначения реальных причин и коренных мотивов экономической деятельности и экономического поведения людей, стоящих за их непосредственными побуждениями – мотивами, помыслами, идеями. Именно экономический

интерес способствует согласованности во взаимодействии различных социальных групп и слоев в ходе непрерывного приспособления к экономическим изменениям, формирующим это взаимодействие.

Исследование научного происхождения понятия экономических интересов с выделением эволюционных этапов развития системно обобщено в работах П.А. Канапухина (табл.1)

Следует отметить, что при всем внимании науки к исследованию экономических интересов недостаточно разработанной остается проблема обусловленности их институциональной системы как на уровне страны, так и на уровне региона. Региональные экономические интересы в основном рассматриваются как форма проявления экономических отношений в регионе, при этом институциональные интересы, учитывающие взаимосвязь и иерархическую структуру интересов, остаются вне поля зрения.

Выделение функциональных подсистем формирования и реализации интересов – государства, общества и экономики (бизнеса) – по принципу прямых и обратных связей позволяет обобщить интересы групп, выделить имеющиеся противоречия, приводящие к конфликту интересов в лесном секторе экономики России.

Государственное управление лесами заключается в проведении единой национальной лесной политики, защищающей интересы лесного сектора своей страны. При этом главнейшими считаются вопросы государственного регулирования лесопользования, воспроизводства, охраны и защиты лесов, а также самые многообразные аспекты организации ведения лесного хозяйства, охраны природы, лесоинвентаризации и лесоустройства в лесах.

Основные этапы генезиса научных взглядов на экономические интересы [6]

Теоретическое направление	Основные характеристики учения об интересе
Античные философы (Платон, Аристотель, Лукреций и др.)	Идеалистическое понимание интересов как некоего стремления к благу, обусловленное природой человека
Средневековые религиозные философы (Ф. Аквинский, Р. Бэкон и др.)	Рассмотрение интереса с точки зрения концепции религиозного провиденциализма, направленной на удержание «в узде» индивидуального интереса, который трактуется как могущественнейшая и разрушительная сила
Французские философы-просветители XVIII в. (Э.Б. де Кондильяк, К. Гельвеций, П.А. Гольбах и др.)	Попытка рационального (в противовес теологическому) понимания интереса как некоего естественного чувства, базирующегося на себялюбии. Подобное идеалистическое видение интереса рассматривается как фундамент концепции «разумного эгоизма», в рамках которой отстаивается приоритет индивидуальных интересов над общими
Немецкая классическая философия (И. Кант, Г. Гегель)	Критика сенсуалистического видения интересов. Рассмотрение интереса как важнейшей категории философии духа, посредством которой осуществляется объективный исторический процесс (через деятельность людей, которые руководствуются своим собственным интересом). Разграничение интересов и потребностей
Физиократы (Ф. Кэне, А.Р.Ж. Тюрго и др.)	Приоритет индивидуального интереса. Связь интересов и потребностей трактуется как «причина» (интерес) и «следствие» (потребность)
Английская классическая политическая экономия (А. Смит, Д. Рикардо, Дж. С. Милль)	Объективная трактовка интересов, вытекающая из объективности экономических отношений. Определяющая роль в мотивации экономического поведения принадлежит собственному, эгоистическому интересу. Модель «экономического человека» с преобладанием экономических интересов над всеми остальными мотивами
Неоклассики (У. Джевонс, К. Менгер, Л. Вальрас и др.)	Субъективно-психологическая, утилитаристская трактовка интереса. Утверждение о приоритете индивидуальных интересов над общими, которые трактуются как простая сумма интересов индивидов
Марксизм (К. Маркс, Ф. Энгельс, Г.В. Плеханов, В.И. Ленин и др.)	Зависимость экономических интересов от способа производства, наличие у них непосредственной связи с производственными отношениями и признание объективности их природы. Анализ антагонистических противоречий экономических интересов представителей разных классов как проявление противоречивой сущности капиталистических производственных отношений. Декларирование приоритета общих интересов над индивидуальными и групповыми. Обоснование исторического значения осознания экономических интересов пролетариатом в борьбе против буржуазии
Неолиберализм (Ф. Хайек, Л. Мизес и др.)	Методологический индивидуализм и субъективизм в трактовке интересов, определяемых как порождение идей человека
Институционализм (Т. Веблен, У.К. Митчелл, Дж. Коммонс и др.)	Холистическая трактовка сущности и природы интересов. Интерес рассматривается как важнейшая основа формирования общественных институтов

В соответствии со статьей 8 ЛК РФ лесные участки находятся в федеральной собственности. Таким образом, реализация интересов государства как собственника леса является приоритетной по сравнению с интересами других участников лесных отношений, прослеживается строгая иерархическая структура взаимодействия интересов (рис. 1)

Логика построения иерархической структуры реализации интересов такова. Государство, являясь собственником лесных ресурсов, а также хозяйствующим субъек-

том лесопользования и гарантом социальных прав и свобод граждан страны реализует свои интересы посредством распределения полномочий между уровнями государственной системы в рамках созданного им правового поля и действующей конкурентной среды.

Основные государственные интересы в сфере лесных отношений выражаются принципами лесного законодательства:

1) устойчивое управление лесами, сохранение биологического разнообразия лесов, повышение их потенциала;



Рис. 1. Иерархия реализации экономических интересов в лесном секторе России

2) сохранение средообразующих, водоохраных, защитных, социально-гигиенических, оздоровительных и иных полезных функций лесов в интересах обеспечения права каждого на благоприятную окружающую среду;

3) использование лесов с учетом их глобального экологического значения, а также с учетом длительности их выращивания и иных природных свойств лесов;

4) обеспечение многоцелевого, рационального, непрерывного, неистощительного использования лесов для удовлетворения потребностей общества в лесах и лесных ресурсах;

5) воспроизводство лесов, улучшение их качества, а также повышение продуктивности лесов;

6) обеспечение защиты и охраны лесов;

7) платность использования лесов.

Интересы крупного бизнеса в лесопромышленном комплексе представляют около 30 крупных холдингов с полным технологическим циклом – от заготовки леса до производства конечной продукции, на их долю приходится подавляющая часть лесобумажной продукции. От них же в значительной степени зависит экологическая устойчивость лесопользования в России.

Состав участников данной группы обобщен нами в табл. 2.

Основными экономическими интересами крупного бизнеса в отрасли являются максимизация стоимости, доходности предприятий, возможность осваивать качественную ресурсную базу. Отметим, что современное Лесное законодательство составлено именно в пользу крупного бизнеса. Приоритет в государственной поддержке, в реализации инвестиционных проектов отдается предприятиям, выполняющим государственные задачи – крупным градообразующим предприятиям с численностью (более 1000 человек), предприятиям, перерабатывающим древесину в целлюлозу, бумагу, картон, экспортным предприятиям, крупным лесозаготовительным предприятиям, определяющим социальную обстановку в регионе.

В то же время лесная отрасль состоит не только из крупных корпораций и холдингов, в значительной степени из малых предприятий, интересы которых тоже необходимо учитывать. Общее число таких небольших предприятий – почти 40 тыс. Так, в лесозаготовке и первичной деревообработке малый бизнес достаточно успешно конкурирует с крупным. Малый бизнес менее защищен от кризисных явлений, имеет меньше возмож-

Крупный лесопромышленный бизнес в России

Корпорации целлюлозно-бумажной промышленности	Характеристика группы
Группа Илим	Стратегическим партнером Группы «Илим» и владельцем 50 % ее акций является крупнейшая в мире целлюлозно-бумажная компания International Paper. Центральный офис Группы «Илим» расположен в Санкт-Петербурге. Предприятия, расположенные в Ленинградской, Архангельской и Иркутской областях, являются ключевыми в российском лесопромышленном комплексе: на них выпускается свыше 65 % всей российской товарной целлюлозы и более 25 % картона. Общий годовой объем производства целлюлозно-бумажной продукции в компании превышает 2,5 млн т. На предприятиях Группы «Илим» работает более 19 тыс. чел. Общий объем инвестиций, осуществляемых в настоящий момент компанией, превышает 1,4 млрд долл.
Континенталь Менеджмент	Лесопромышленная компания «Континенталь Менеджмент» (ООО ЛПК КМ) основана в 2009 г. ФПГ «Базовый элемент». В активах компании консолидированы целлюлозно-бумажные, целлюлозно-картонные, лесозаготовительные и лесоперерабатывающие комбинаты, фабрики и предприятия. На сегодняшний день в управлении компании находятся: Енисейский ЦБК, Селенгинский ЦКК, Омская картонная фабрика «АВА+2», Новокузнецкий филиал Омской картонной фабрики «АВА+2», Кондровская бумажная компания, Троицкая Бумажная фабрика, Лесозавод № 2, производитель индивидуальных деревянных домов – компания Voukatti, а также целый ряд лесозаготовительных предприятий.
Северо-западная лесопромышленная компания	Корпорация целлюлозно-бумажного комплекса России. Основана в мае 1997 г. в Санкт-Петербурге на базе Архангельской фирмы «Лесмаркет». Предприятия компании: Неманский ЦБК (с 2000), Каменногорская фабрика офсетных бумаг, Вельский завод клееных деревянных конструкций и др. Ежегодные объемы производства – 97 000 тонн бумаги, 12 000 тонн бумажно-беловых изделий

ностей получить государственную поддержку на реализацию инвестиционных проектов, однако также выполняет важную социальную задачу развития экономики региона и страны в целом.

Проблема согласования интересов крупного и малого бизнеса в отрасли стоит в настоящее время достаточно остро. Таким образом, сегодня необходимо говорить о комплексном, системном развитии лесного сектора, учитывающем возможности крупного бизнеса по эффективному использованию лесных ресурсов и нагрузку малого бизнеса, решающего ряд задач занятости населения.

Нам представляется, что ряд проблем развития малого лесного бизнеса можно решить на региональном уровне. Именно региональная политика поддержки малого предпринимательства способна повысить эффективность работ по согласованию интересов крупного и малого бизнеса в лесной сфере.

Существенным вопросом теории и практики в свете вышесказанного является формирование механизма согласования ин-

тересов лесного бизнеса и власти в рамках региональной экономики. Научный интерес в этой сфере представляют работы современного экономиста А.Н. Олейника.

В рамках проведенного им исследования предложена «триада власти» (рис. 2) как особый вид трансакции с участием предста-

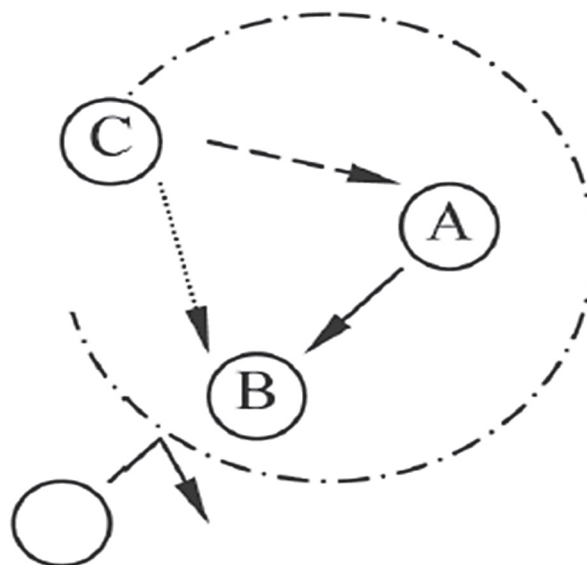


Рис. 2. «Триада власти: властно-рыночная трансакция»

вителей государства (*C*), имеющим рыночную власть экономическим субъектом (*A*) и лишенным рыночной власти экономическим субъектом (*B*) (рис. 2).

Понятие триады применяется для осмысления взаимоотношений между государством и бизнесом на федеральном и региональном уровнях, причем государство представлено чиновниками с их индивидуальными и групповыми интересами.

Триада власти помогает раскрыть понятие доминирования в результате сочетания интересов на рынке. Применительно к взаимодействию интересов в лесопромышленном комплексе России предлагаем следующую интерпретацию теории: субъект *A* – крупный лесной бизнес; субъект *B* – средний и мелкий лесной бизнес; субъект *C* – государство.

Субъект *C* в рамках основных приоритетов государственной политики развития отрасли устанавливает условия (институциональные, пространственные или финансовые) и осуществляет контроль входа на рынок.

В качестве институциональных условий достижения государственных интересов выделяются: 1) разработка и реализация федеральных и региональных программ развития отрасли; 2) обеспечение устойчивого лесопользования; 3) решение задач социального развития регионов. В качестве финансовых условий выделим совершенствование структуры собственности в отрасли; 2) максимизацию налоговых поступлений в бюджеты различных уровней 3) реализацию приоритетных инвестиционных проектов развития отрасли. В качестве пространственных условий выделим: 1) развитие лесной и лесоперерабатывающей инфраструктуры; 2) устойчивое воспроизводство лесных ресурсов и повышение качества лесопользования за счет комплексной переработки древесного сырья с учетом современных экологических норм.

Действия субъекта *C* способны усиливать или ограничивать конкуренцию продавцов (*A*), если регулируется именно их допуск на рынок. При этом действия, направленные на согласование интересов субъектов *A–C*, не распространяются на другие экономические субъекты типа *B*, конкуренция между кото-

рыми остается по-прежнему высокой. Взаимодействие и согласование интересов субъектов *A–B* в рамках действующего лесного законодательства осуществляется по принципу приоритета интересов крупного бизнеса – субъекта *A*. Доминирование в результате сочетания интересов можно представить как игру с ненулевой суммой, для которой характерна «смесь взаимной зависимости и конфликта, партнерства и соперничества» [12] Безусловно, субъект *A* выигрывает больше остальных участников, захватывая большую часть ренты от ограничения конкуренции на рынке и укрепления своей власти. При этом *C* навязывает свою волю *A* и *B*, избегая национализации бизнеса и связанной с таким вариантом развития событий прямой ответственности за результаты деятельности экономических субъектов.

С помощью концепции триады власти в лесном секторе демонстрируется, что возведение административных барьеров и контроль входа на рынок отвечает интересам как регулятора (государства), так и крупного лесного бизнеса. Представители государства укрепляют свою власть, допуская на рынок тот бизнес, который соглашается на его условия и согласен оплачивать «входной билет» – развивать социальную инфраструктуру, способствовать полномасштабному решению социальных проблем лесных регионов, обеспечивать комплексную глубокую и безотходную переработку лесных ресурсов. В то же время крупный бизнес действует в условиях ослабленной конкуренции и получает дополнительную прибыль, которая превышает стоимость «входного билета».

Библиографический список

1. Абалкин, Л.И. Новый тип экономического мышления / Л.И. Абалкин. – М., 1987.
2. Канапухин, П.А. Система экономических интересов и закономерность ее развития / П.А. Канапухин // Проблемы современной экономики. – 2008. – № 3. – С. 122–127.
3. Канапухин, П.А. Экономические интересы: сущность и реализация в транзитивной экономике / П.А. Канапухин. – Воронеж: ВГУ, 2006. – 224 с.
4. Логинова, Л.В. Институционализация региональных интересов: субъективные и объективные мотивации / Л.В. Логинова // Регионоведение, 2008. – № 4.

5. Лобанич, В.А. К вопросу о региональном экономическом интересе в современной политике / В.А. Лобанич // Проблемы современной экономики, 2008. – № 1 (25).
6. Михайлов, А.М. Реализация экономических и институциональных интересов собственников факторов производства: дисс. ... д-ра экон. наук: 08.00.01 / А.М. Михайлов. – Самара, 2009.
7. Нортон, Д. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики / Д. Нортон. – М., 1997.
8. Олейник, А.Н. Институциональная экономика / А.Н. Олейник. – М.: ИНФРА-М, 2010.
9. Логика коллективных действий / М. Олсон. – М.: Фонд экономической инициативы, 1995 – С. 43.
10. Трауни, Э. Экономическое поведение и институты / Э. Трауни. – М.: Дело, 2001.
11. Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения, 2 изд., т. 18, с. 271
12. Шеллинг, Т. Стратегия конфликта / Т. Шеллинг. – М.: ИРИСЭН, 2007. – С. 117.

ИНФРАСТРУКТУРНЫЙ КЛАСТЕР ВЕРТИКАЛЬНО И ГОРИЗОНТАЛЬНО ИНТЕГРИРОВАННЫХ КОРПОРАЦИЙ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Н.И. КОЖУХОВ, *проф. каф. мировой экономики МГУЛ, д-р.экон.наук, академик РАСХН*,
 В.А. КОНДРАТЮК, *проф., ген. директор ФГУП «ГНЦ ЛПК»*, *д-р экон. наук*,
 Н.В. ЛАРИНА, *асп. каф. мировой экономики МГУЛ*

gnclpk@mail.ru

Распространение в бизнес-среде отраслей лесного сектора экономики Российской Федерации интеграционных процессов приводит к созданию лесопромышленных корпораций, которые наряду с вертикальным принципом используют и горизонтальную интеграцию построения бизнес-структуры.

Реализуемый в настоящее время бизнес-проект фронтально интегрированной холдинговой компании «Юградревмебель» формирует бизнес-структуру как по вертикали, так и по горизонтали, т.е. по всему «фронту». Используя терминологию штабно-

го типа, структуру такого рода можно условно называть фронтально интегрированной. В таблице приведена принципиальная схема этой бизнес-структуры.

Так как лесопромышленные компании, как правило, обеспечивают себя древесным сырьем собственной заготовки, то наряду с лесозаготовительной деятельностью они, по условиям аренды участков лесного фонда, осуществляют и целый ряд функций лесохозяйственной деятельности.

В соответствии со статьей 62 Лесного кодекса РФ «на лесных участках, предостав-

Т а б л и ц а

Фронтально интегрированная холдинговая компания «Юградревмебель»

Вертикальная интеграция холдинга в составе предприятий	Горизонтальная интеграция бизнес-единиц холдинга
Головная мебельная фабрика	Мебельные фабрики и цеха в Ханты-Мансийском АО (ХМАО)
Домостроительный комбинат	Домостроительные предприятия по производству, сборке, обустройству, мебелированию
Фанерный комбинат	Фанерные цеха и производства в ХМАО
Завод древесных плит	Цеха по производству древесных плит различного типа
Лесопильно-деревообрабатывающий комбинат	Лесопильные заводы и деревообрабатывающие цеха
Лесозаготовительный комбинат	Леспромхозы и лесозаготовительные участки в ХМАО
Лесохозяйственное производство	Лесопитомник, цех по заготовке семян, шишкосушилка, бригады по лесокультурным работам и уходу за молодняками древостоев

	Производственная инфраструктура	
Информационно-коммуникационная инфраструктура	Вертикально и горизонтально интегрированная лесопромышленная корпорация	Рыночная инфраструктура
	Социальная инфраструктура	

Рисунок. Инфраструктурная оболочка кластерного типа лесопромышленной корпорации

ленных в аренду для заготовки древесины, лесовосстановление осуществляется арендаторами этих лесных участков».

В связи с включением в состав холдинга и лесохозяйственного производства возникла необходимость обеспечивать себя семенами хвойных пород, сеянцами и саженцами; вести лесовосстановление и уход за молодняками до передачи выращенных на лесных участках молодых древостоев в лесопокрытую площадь.

Таким образом, не только в лесопромышленной структуре холдинга, но и в лесохозяйственном производстве целесообразность горизонтальной интеграции оказалась очевидной.

Создание крупных интеграционных формирований, особенно сконцентрированных преимущественно в одном регионе, неизбежно приводит к необходимости оптимизировать инфраструктуру, превратив ее в инфрасистемный комплекс регионального масштаба, который призван обеспечивать, прежде всего, бесперебойную работу лесных отраслей.

Наряду с производственной и социальной инфраструктурой в настоящее время все большее число исследователей выделяет рыночную инфраструктуру, информационно-коммуникационную и другие инфраструктурные отрасли [1, 2].

При этом следует также учитывать особенности пространственного развития и размещения отраслевых производств лесопромышленного комплекса региона. Основываясь на кластерном способе организации регионального пространства, в которое вписывается и развитие лесного сектора региона, инфраструктурные отрасли целесообразно создавать и развивать в комплексе – как инфрасистему межведомственного типа.

Однако в такой региональной инфрасистеме инфраструктурный комплекс

обслуживающих и обеспечивающих эффективную работу лесопромышленных корпораций приобретает классические черты кластера.

Кластерный тип формирования комплекса инфраструктурных отраслей для региональной фронтально интегрированной лесопромышленной корпорации представлен на рисунке. Следует иметь в виду, что в лесобеспеченных регионах РФ, так называемой «многолесной зоне», нередко можно видеть уже сложившийся тип регионального лесопромышленного комплекса (ЛПК), где проблемы формирования эффективного функционирующего инфраструктурного кластера выходят на первый план.

Производственная инфраструктура такого кластера представляет следующие жизненно важные для ЛПК элементы (инфраструктурные отрасли):

- энергетическое обеспечение (тепло-, газо-, водо-, электроснабжение);
- материально-техническое обеспечение;
- транспорт и транспортные магистрали;
- ремонтно-вспомогательные службы;
- службы подготовки производства;
- логистическое и инновационное обслуживание;
- инжиниринговое и консалтинговое обслуживание

К социальной инфраструктуре следует отнести:

- жилищно-коммунальное хозяйство;
- торговлю и общественное питание;
- бытовое обслуживание;
- здравоохранение, образование, спорт, рекреацию, культуру и искусство;
- транспорт и связь для обслуживания населения;
- кредитование и страхование населения и др.

К новым отраслям инфраструктуры, несомненно, следует отнести рыночный блок, а также комплекс информационно-коммуникационных элементов.

К рыночной инфраструктуре можно отнести:

- банковскую систему и финансово-кредитные учреждения;
- товарно-сырьевые и фондовые биржи;
- маркетинговые центры и рекламные агентства;
- каналы товародвижения и оптовые базы;
- посреднические, торговые дома, выставки, ярмарки;
- страховые компании и негосударственные пенсионные фонды;
- аудиторские и консалтинговые фирмы;
- центры юридических консультаций, адвокатские и нотариальные конторы.

Сформировавшееся к началу XXI века высокоразвитое информационное сообщество, глобально встроенное в интернет-общество, не могло не проникнуть и в производственно-экономические отношения, складывающиеся в отраслях лесного сектора.

Выделение информационно-коммуникационного блока инфраструктурного кластера регионального лесного комплекса стало необходимым [1].

В этот блок целесообразно отнести следующие элементы:

- традиционные и электронные средства связи (интернет, электронная почта и т.п.);
- информационное обеспечение;
- программное обслуживание;
- автоматизированные системы управления;
- курьерское и почтовое обслуживание.

Конечно, нет необходимости жесткого фиксирования тех или иных элементов инфраструктуры в каком-то одном блоке. Да и сама инфрасистема находится в динамическом и пространственно-временном развитии.

Так, например, в Лесном кодексе РФ [3], действующем с начала 2007 г., статья 13 ввела понятие «Лесной инфраструктуры», а статья 14 – «Лесоперерабатывающей инфраструктуры».

В данных статьях Лесного кодекса РФ не содержится правовых определений указанных понятий. Но логика изложения статей 13 и 14 Лесного кодекса РФ четко указывает на то, что речь идет в данном случае о производственных отраслях инфраструктуры.

В то же время, например, маркетинговые службы, инжиниринговые и консалтинговые фирмы, автоматизированные системы управления и ряд других инфраструктурных элементов входят в состав практически всех блоков единой инфрасистемы.

Мировой опыт функционирования инфраструктурных кластеров свидетельствует об их эффективности как в сфере услуг, так и в сфере материального производства.

Как правило, инфраструктурные фирмы, объединенные в кластерную систему, имеют стабильно более высокую доходность и производительность по сравнению с внесистемными организациями. Это видно на примере Италии, Германии, Финляндии и других стран. Одним из важных шагов, принятых правительством Великобритании, стал заказ на выявление и картографию всех кластеров инфраструктуры в стране.

Следует отметить специфику распределения кластеров инфраструктуры по регионам страны, исходя из их специализации. Так кластеры на юге Великобритании больше тяготеют к сфере услуг, тогда как на севере они в основном развиваются на базе товарного производства и связаны с переработкой продукции. На юго-востоке размещаются высококонцентрированные и успешно развивающиеся кластеры.

Во Франции исследование, выполненное по заказу национального агентства планирования (DATAR), позволило идентифицировать 144 существующих региональных кластера и около 82 кластеров инфраструктуры, находящихся в процессе становления или носящих виртуальный характер.

В Норвегии на основе социологического исследования были выявлены 62 потенциальных кластера инфраструктуры. Из этого числа 55 кластеров были образованы на базе инфраструктуры традиционных промышленных секторов и предоставляли 63 тыс. рабочих мест (22 % от уровня занятости по всей стране).

В ряде субъектов Российской Федерации использование кластерного подхода в развитии инфраструктуры уже заняло одно из ключевых мест в стратегиях социально-экономического развития [4]. Однако имеющийся опыт свидетельствует, что организация кластеров инфраструктуры имеет «спонтанный» характер, их структуры «хрупки» и вряд ли могут сравниться с настоящими кластерами с хорошо отлаженной системой взаимосвязи, что присуще не только кластерам зарубежных стран, но и отечественным промышленным образованиям. Стратегия развития Южного федерального округа до 2020 г. обосновывает создание кластера в составе Краснодарского, Ставропольского краев, Ростовской, Волгоградской и Астраханской областей. По существу, речь идет о формировании объединения, участниками которого станут отдельные кластеры, в том числе инфраструктурные.

Аграрный кластер Калининградской области, сформированный по сетевому принципу, дал мощный импульс развитию малого и среднего бизнеса на селе, способствовал повышению конкурентоспособности аграрного сектора экономики региона и позволяет эффективнее решать социальные проблемы. Агропромышленный кластер Татарстана, например, отличается тем, что инфраструктурные объекты, входящие в него, привлекают сельские предпринимательские структуры, что важно для развития крестьянских (фермерских) хозяйств и личных подсобных хозяйств населения, так как им облегчен доступ к капиталу крупных предприятий. В этих условиях активно происходит обмен инфраструктурной продукцией и услугами.

В Алтайском крае в результате диагностики, проведенной в рамках разработки «Стратегии социально-экономического развития до 2025 г.», выявлены предпосылки

формирования кластеров следующей специализации: биофармацевтика, агропромышленное производство, рекреационное лесопользование и агротуризм. Во Владимирской области организованы два крупных кластера, из них наиболее типичным можно считать концентрацию промышленного производства Гусь-Хрустального района, где сконцентрированы стекольное производство и различные инфраструктурные объекты. Второй кластер организован в Ковровском районе, где главным кластерообразующим элементом является взаимосвязанная технологическая цепочка с включением элементов производственной инфраструктуры, начиная от добычи сырья и заканчивая выпуском готовой продукции, а также туризм и лесная рекреация.

В условиях перехода лесного сектора экономики на рыночные отношения инфраструктурная сфера отдаленных территорий была вынуждена многократно перестраиваться и совершенствоваться. Во многих регионах России инфраструктура различной специализации развивается за счет малых организационных форм: семейных хозяйств, малых предприятий, инжиниринговых и консалтинговых фирм. Это относительно небольшие бизнес-единицы, ведущие свою деятельность на основе семейного капитала с использованием кредита и частично наемного труда. Доля их в общей численности занятых в инфраструктурной деятельности по состоянию на 2011 г. составляет около 30 %. На базе бывших лесхозов, ферм, цехов создаются малые инфраструктурные предприятия, семейные хозяйства различного профиля, посреднические фирмы.

В США в сфере инфраструктурного сектора примерно 90 % всех компаний – малые фирмы. О высокой результативности их говорят такие данные: на долю мелких фирм приходится лишь небольшая часть затрат на производство, а производят они продукции и оказывают услуг в 24 раза больше, чем крупные концерны. При этом затраты на одного работника в малых фирмах в два раза меньше, чем в крупных. В числе причин столь высокой эффективности этих форм организации экономисты называют их гибкость и мобиль-

ность при учете рыночной конъюнктуры, отсутствие бюрократизма в управлении, высокий ссудный процент, заставляющий мелкие фирмы рисковать. [4]

Комплексное решение многих социальных и производственных проблем, в том числе находящихся на стыке смежных отраслей, как правило, обеспечивается инжиниринговыми фирмами. Для сферы лесопромышленного производства основными функциями инжиниринга становится представление на основе договора комплекса или отдельных видов инженерно-технических и социальных услуг, связанных с выполнением инфраструктурных задач. Инжиниринговые фирмы соединяют все стадии инфраструктурного процесса, обеспечивая его комплексность и непрерывность, минимизацию рисков и затрат хозяйственных ресурсов, а также потерь на стыках отдельных стадий инфраструктурной деятельности.

Таким образом, можно с уверенностью говорить о перспективах создания региональных кластеров инфраструктурного обеспечения не только интегрированных бизнес-структур лесопромышленного комплекса Российской Федерации, но и перспективах инфраструктурных кластеров многопрофильного типа.

Библиографический список

1. Формирование инфраструктурных кластеров в лесных регионах – путь к устойчивому развитию лесного сектора и смежных отраслей / Н.И. Кожухов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – № 2 (71). – С. 5–10.
2. Кондратюк, В.А. Лесопромышленный комплекс: состояние, проблемы, решения / В.А. Кондратюк. – М.: МГУЛ, 2004. – 342 с.
3. Лесной кодекс Российской Федерации. Комментарий. – М.: ВНИИЛМ, 2007 – 856 с.
4. Реус, А.Г. Стратегия инфраструктурного обеспечения экономики России: дисс. ... д-ра экон. наук / А.Г. Реус. – М., 2007 – 33 с

РОЛЬ КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

В.А. КОНДРАТЮК, *проф., ген. директор ФГУП «ГНЦ ЛПК»*, д-р экон. наук,
К.А. СИТНОВА, *ФГУП «ГНЦ ЛПК»*,
В.С. ФИОФАНОВ, *ФГУП «ГНЦ ЛПК»*

gnclpk@mail.ru

Конгрессно-выставочная деятельность как вид услуг играет важную роль в обновлении и развитии производства на основе использования инновационных решений и на экономику ЛПК в целом.

Согласно подготовленным в 2011 г. Минэкономразвития России методическим материалам по разработке программ инновационного развития акционерных обществ с государственным участием, госкорпорации и федеральных государственных унитарных предприятий под инновационным развитием понимается деятельность компаний, относящаяся к одной из следующих категорий:

- освоение новых технологий;
- разработка и выпуск инновационных продуктов;

– инновации в управлении, а также любая иная деятельность, имеющая целью разработку и внедрение новых технологий, инновационных продуктов и услуг, соответствующих мировому уровню, модернизацию существующих технологий.

Структурно инновационное развитие обеспечивается по схеме:

- фундаментальная и прикладная наука;
- инфраструктура по коммерциализации нововведений;
- серийное производство;
- выход на рынок.

Согласно предпринимательскому подходу, под инновационной деятельностью понимается процесс создания нового товара

от формирования идеи до освоения производством, выпуска, реализации и получения коммерческого эффекта. В соответствии с философским подходом инновационная деятельность – это процесс, объединяющий науку, технику, предпринимательство, управление и экономику.

Экономическое содержание инновационной деятельности можно представлять как последовательность непрерывных и взаимодействующих между собой стадий воспроизводства знаний (рис. 1).

С точки зрения организационного обеспечения инновационного развития в этом процессе участвуют научно-исследовательские и конструкторские организации, проектные институты, заводы лесного машиностроения, пуско-наладочные фирмы, лесопромышленные предприятия, торговые, сбытовые и др. структуры.

Анализ изменений, произошедших в сфере организационного обеспечения инновационного развития за последние два десятилетия, к сожалению, свидетельствует о серьезном ухудшении положения в отрасли.

За этот период полностью прекратила существование половина научно-исследовательских организаций. Численность остальных сократилась в десятки раз, при этом воз-

раст кадров в большинстве НИИ приблизился к критическому.

В оставшихся и функционируемых научных организациях полностью разрушена экспериментальная и опытная база. Конструкторские службы на заводах лесного машиностроения и станкостроения для деревообрабатывающих производств, игравшие значительную роль в совершенствовании выпускаемой машиностроительной продукции, ликвидированы полностью либо сокращены до 2–5 чел. Разрушена отраслевая система научно-технической информации, представлявшая собой сеть взаимодействующих информационных органов предприятий и организаций лесопромышленного комплекса с накопленными информационными массивами, технической базой, установленными отношениями, объединенных единством целей и принципов работы.

В этих условиях конгрессно-выставочная деятельность превратилась в мощнейший эффективный инструмент продвижения товаров и услуг, обмена новейшей информацией о состоянии и перспективах развития отраслевого рынка и предлагаемых на нем услуг. Кроме того, конгрессная деятельность представляет собой, с точки зрения органов государственной власти, уникальный инструмент, содействующий решению вопросов развития подотраслей лесопромышленного комплекса, привлекая к их решению ведущих специалистов, научный потенциал и широкие круги общественности. Конгрессные и выставочные мероприятия пересекаются по двум направлениям:

- с одной стороны, при крупных конгрессных мероприятиях проводятся мини-выставки;
- с другой стороны, конгрессная часть является неотъемлемой частью крупных выставочных мероприятий.

С каждым годом количество разнообразных конгрессов и конференций, круглых столов, семинаров, проводимых как самостоятельно, так и в сочетании с различными выставками, ярмарками, приуроченных к знаковым событиям, и просто отраслевым мероприятиям увеличивается. К участию в



Рис. 1. Стадии воспроизводства знаний

них привлекаются десятки тыс. человек, при этом все больше представителей российских компаний и организаций убеждается в большой результативности подобных мероприятий. Деловое обсуждение конкретных вопросов промышленности, производства, науки привлекает внимание широкого круга общественности к проблемам государства, регионов, подотраслей ЛПК. Конгрессы и конференции, проведенные на высоком, в том числе и международном уровне, способствуют развитию новых контактов, привлечению новых партнеров и инвестиций, выходу предприятий отрасли на новые рынки.

Конгрессная деятельность признана сегодня в мире одним из самых эффективных механизмов делового информационно-взаимодействия, она превратилась в перспективную и динамично развивающуюся отрасль экономики. Связанная с большинством отраслей экономики, имеющая собственную инфраструктуру, материально-техническую базу, конгрессная деятельность является эффективным инструментом стимулирования деятельности союзов и ассоциаций, предприятий, научных организаций различных отраслей экономики и органов государственной власти. Именно активная конгрессная деятельность во всем мире во многом способствует развитию инфраструктуры городов, преумножению доходов городских бюджетов, повышению имиджа регионов в качестве международных культурных и деловых центров.

В развитии конгрессно-выставочной деятельности как одного из основных инициаторов потока деловых туристов заинтересованы:

- федеральные и региональные органы власти;
- отраслевые бизнес-группы;
- местные туристические операторы, гостиницы, выставочно-конгрессные центры, транспортные компании, СМИ и сервисные компании.

Компании, получающие экономический доход от конгрессно-выставочного мероприятия, представлены на рис. 2.

Всех их должна объединять цель про-

движения региона на уровне страны, округа, города.

Целями государства при организации конгрессно-выставочных мероприятий в сфере ЛПК в самом общем виде являются:

- стимулирование научной, научно-технической и инновационной деятельности в РФ, содействие интеграции научно-технического потенциала на приоритетных направлениях развития науки, технологий и техники;
- создание благоприятного климата для развития инновационной деятельности, развитие административно-территориальных образований с высоким научно-техническим потенциалом, вовлечение передовых технологических разработок в производственный процесс;
- привлечение частных, отечественных и зарубежных инвестиций в высокотехнологичный сектор экономики;
- выход России на мировой рынок высокотехнологичной продукции, формирование системы пропаганды достижений отечественной науки, технологий и техники.

Проведение конгрессно-выставочных мероприятий оказывает стимулирующее влияние на региональную экономику, выражающееся в развитии промышленности, обслуживающей инфраструктуры, росте престижа города (региона), создании дополнительных рабочих мест.

Можно выделить следующие социально-экономические факторы, определяющие роль и место конгрессно-выставочной деятельности в экономике РФ:

- конгрессно-выставочная деятельность выступает как аккумулятор инновационных и инвестиционных проектов и средств для их реализации;
- конгрессно-выставочная деятельность – важное звено информационного обмена, которое связывает производителя и потребителя, способствует становлению регионального рынка, является средством продвижения товаров и услуг предприятий и организаций региона, округа;
- конгрессно-выставочная деятельность – это реальный фактор углубления интеграционных процессов, формирования



Рис. 2. Компании, получающие доход от конгрессно-выставочного мероприятия

единого межрегионального экономического и информационного пространства, содействия установлению связей между товаропроизводителями и потребителями, развития предпринимательства;

– конгрессно-выставочная деятельность представляет собой иллюстрированный экономический обзор того, что происходит в данном округе, регионе и в стране в целом.

Библиографический список

1. Авдашева, С.Б. Теория организации отраслевых рынков / С.Б. Авдашева, Н.М. Розанова. – М.: Магистр, 1998.
2. Антонов, А.В. Научные основы формирования организационно-экономического механизма управления лесным комплексом / А.В. Антонов. – М.: МГУЛ, 1999.
3. Бурдин, Н.А. О стратегических целях и задачах развития лесопромышленного комплекса России в начале XII века / Н.А. Бурдин // Стратегия развития лесопромышленного комплекса Российской Федерации: Материалы международной научной конференции. – М.: МГУЛ, 2000.
4. Жуков, В.А. Развитие делового туризма – одно из направлений дальнейшей интеграции России в индустрию мирового туризма / В.А. Жуков // Актуальные проблемы управления – 2006. Международная научно-практическая конференция. – М.: ГУУ, 2006. – Вып. 4.

ЗАВИСИМОСТЬ СБЕГА КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ОТ ИХ РАЗМЕРНЫХ ПАРАМЕТРОВ

В.П. СТЯЖКИН, *зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК» канд. экон. наук,*
В.А. КОНДРАТЮК, *проф., ген. директор ФГУП «ГНЦ ЛПК», д-р экон. наук,*

gnclpk@mail.ru

Сбег круглых лесоматериалов влияет на расход сырья в лесопилении, фанерной и других отраслях промышленности. Потребителей древесного сырья в этих сферах производства интересуют не только размерные характеристики бревен, но и сбег как фактор, воздействующий на выход и качество продукции. Кроме того, сбег должен учитываться при оценке количества продаваемых (покупаемых) круглых лесоматериалов, т.к. от него в определенной мере зависит их объем.

В связи с этим сбег бревен изучают специалисты лесной промышленности и лесные метрологи. Исследователей интересует не только количественная характеристика сбega, но и закономерности его связи с параметрами бревна, поскольку знание такой зависимости позволяет точнее учесть результаты производства, а в сфере торговли – количество проданных (купленных) круглых лесоматериалов.

Данная статья посвящена исследованию закономерности связи сбega с размерными параметрами бревна – диаметром и длиной.

На необходимость учета сбega при оценке объема круглых лесоматериалов указывали выдающиеся ученые-таксаторы – проф. М.М. Орлов [8] и акад. Н.П. Анучин [2].

Исследователи по-разному оценивают характер связи сбega с параметрами бревен. А.К. Курицын [6] не выявил значимой зависимости сбega от диаметра и длины бревен. Н.П. Анучин [2], П.П. Аксенов [1] приводят данные о прямопропорциональной зависимости сбega от верхнего диаметра. И.П. Крашенинников [5] сообщает о наличии между сбегом и диаметром обратно-пропорциональной связи.

Учитывая противоречивые сведения о характере влияния размеров круглых лесоматериалов на сбег ФГУП «ГНЦ ЛПК» выполнило самостоятельное исследование закономерности этой связи.

Чтобы получить полное представление о характере связи сбega с их параметрами, совокупность бревен сформирована из разных размерных градаций, варьирующих по диаметру – от 3 до 120 см; по длине – от 1 до 9,5 м.

Подбор бревен в выборку осуществлен в соответствии с требованиями ОСТ 13-303-92 [9] и ГОСТ Р 52117-2003 [3], т.е., чтобы их распределение по градациям диаметра и длины было пропорционально объему этих бревен, получающемуся при раскряжкевке.

Хлысты или стволы деревьев при раскряжкевке целиком разделяются на сортаменты. Следовательно, круглые лесоматериалы производятся из всех частей хлыста – вершинных, срединных, комлевых. Сбег этих частей неодинаков.

В комлевой части ствола его диаметр по направлению к вершине резко уменьшается, и это определяет высокую сбежистость выпиливаемых из нее толстых бревен. В срединной, менее крупной по сравнению с комлевой, части ствола диаметр уменьшается незначительно и при ее раскряжкевке получают малосбежистые бревна среднего диаметра. В вершинной тонкомерной части ствола диаметр, также как в комлевой части, резко снижается, и из вершинной части при разделке на сортаменты вырабатываются сильносбежистые бревна.

Таким образом, взаимосвязь между сбегом и диаметром характеризуют следующие их соотношения: тонкие бревна – большой сбег, средние бревна – небольшой сбег, толстые бревна – большой сбег.

Форма связи зависимой переменной с аргументом определяется тенденцией изменения первой величины при увеличении

**Статистические характеристики показателей бревен – сбега (S),
верхнего диаметра(d), нижнего диаметра(D)**

Статистические показатели	S	D	D
	Сбег, см/м	Верх. d , см	Нижн. D , см
Среднее значение	1,071	17,042	22,598
Стандартная ошибка среднего	0,002	0,034	0,037
Стандартное отклонение	0,533	8,081	8,958
Дисперсия выборки	0,284	65,297	80,248
Эксцесс	7,334	13,105	13,306
Асимметричность	1,868	2,821	2,873
Колич. наблюден., шт	57772,000	57772,000	57772,000
Уровень надежности (95,0 %)	0,004	0,066	0,073

второй. В данном случае тенденция выражается следующими изменениями двух величин: уменьшением сбега до определенного предела при увеличении диаметра бревен от начального диаметра b см и далее; сменой направления снижения сбега на противоположное направление в точке минимума функции; увеличением сбега начиная от его минимального значения в точке экстремума при дальнейшем увеличении диаметра.

Теоретический анализ позволил сформулировать вывод: в статистической совокупности бревен, получающихся от раскряжевки, сбег как функция диаметра описывается вогнутой параболической кривой с точкой экстремума. Формула кривой сбега имеет вид

$$S = a_0 - bd + cd^2, \quad (1)$$

где S – сбег бревна, см/м,

a_0 – свободный член уравнения регрессии,

b, c – коэффициенты регрессии при верхнем диаметре,

d – верхний диаметр бревна, см.

Основу экспериментального материала составили данные натуральных измерений бревен в производственных условиях в Архангельской, Вологодской, Пермской, Иркутской, Амурской областях, в Республиках Карелия, Коми, в Приморском, Хабаровском, Красноярском краях. Измерены верхний, нижний диаметры, длина бревен в их статистической совокупности объемом 155 тыс. шт.

Исходная совокупность бревен подвергнута статистическому исследованию: определены средние значения, характеристики

распределения и показатели отклонения данных от средних величин. Результаты анализа приведены в таблице и на гистограммах (рис. 1, рис. 2).

Приведенные гистограммы свидетельствуют о приближении распределения сбега и верхнего диаметра к кривой нормального распределения. Это является признаком однородности исходной совокупности, ее пригодности для корреляционного анализа.

На основе собранных данных о размерах бревен вычислены параметры уравнений регрессии сбега по основным регионам:

Арханг. обл., ель

$$S = 3,426 - 1,1877\sqrt{d} + 0,1529d;$$

$$R^2 = 0,045; n = 64995, \quad (2)$$

Арханг. обл., сосна

$$S = 2,644 - 0,859\sqrt{d} + 0,1086d;$$

$$R^2 = 0,043; n = 50000, \quad (3)$$

Пермский край, ель

$$S = 1,872 - 0,09647d + 0,002365d^2;$$

$$R^2 = 0,05; n = 27050, \quad (4)$$

Иркутская, Вологодская обл., ель, лиственница, сосна

$$S = 1,362 - 0,0461d + 0,00122d^2;$$

$$R^2 = 0,048; n = 3886. \quad (5)$$

Хабаровский край, ель, лиственница

$$S = 1,393 - 0,0452d + 0,00138d^2;$$

$$R^2 = 0,043; n = 4068, \quad (6)$$

где S – сбег бревна, см/м,

d – диаметр верхнего торца бревна, см,

R^2 – коэффициент детерминации,

n – количество бревен в выборке, шт.

Анализ уравнений регрессии показывает, что все они представляют собой вогнутую (выпуклую вниз) параболу, что под-

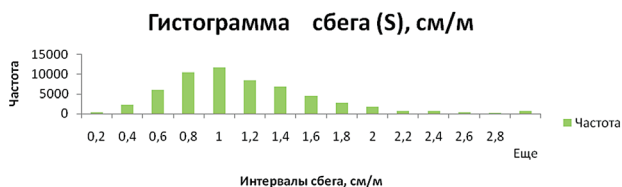


Рис. 1. Распределение значений сбега в сводной совокупности объемом 57 772 шт. бревен



Рис. 2. Распределение значений верхнего диаметра в сводной совокупности объемом 57 772 шт. бревен

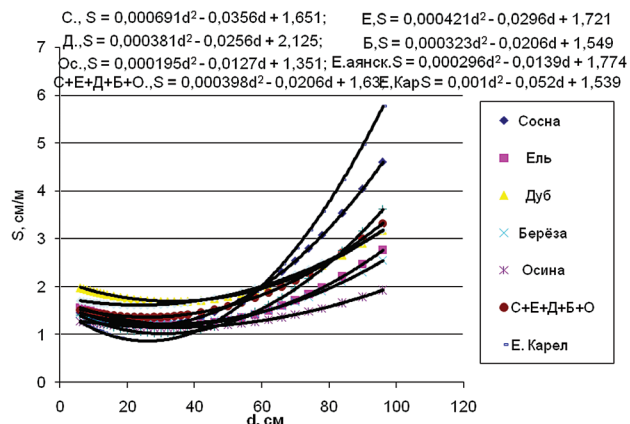


Рис. 3. Зависимость сбега (S) от верхнего диаметра бревен (d) по породам

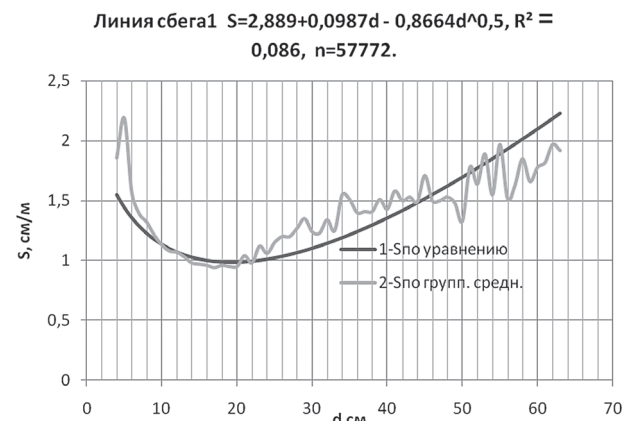


Рис. 4. Зависимость сбега (S) от верхнего диаметра (d) в сводной совокупности 57772 шт. бревен: 1 – линия сбега по уравнению регрессии (7); 2 – линия сбега, построенная по групповым средним в сантиметровых ступенях d

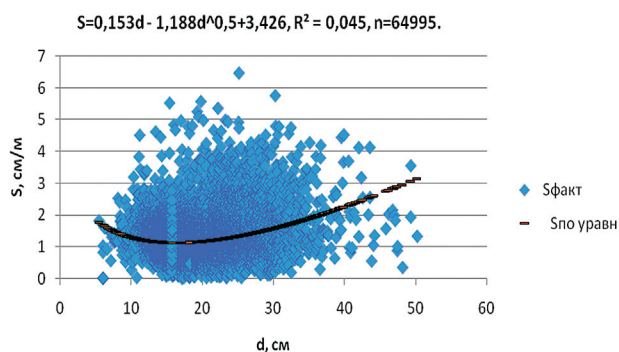


Рис. 5. Зависимость сбега (S) от верхнего диаметра бревен (d), Архангельская обл., БЕ4С, n = 64995 шт.

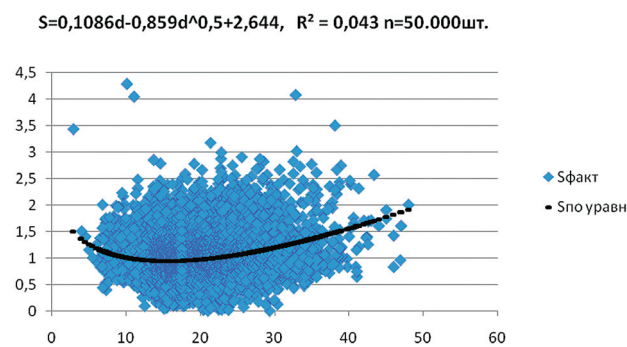


Рис. 6. Зависимость сбега (S) от верхнего диаметра бревен (d), Архангельская обл., сосна, n = 50 000 шт.

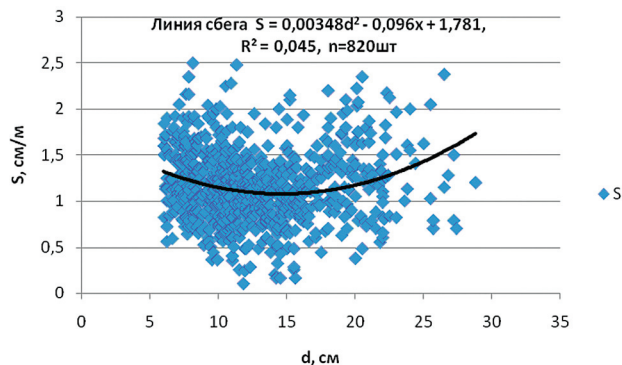


Рис. 7. Зависимость сбега (S) от верхнего диаметра бревен (d), Карелия, ель, n = 820 шт.

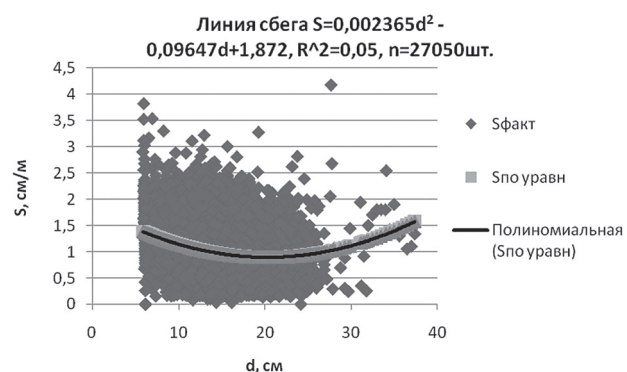


Рис. 8. Зависимость сбега (S) от верхнего диаметра бревен (d), Пермский край, ель, n = 27050 шт.

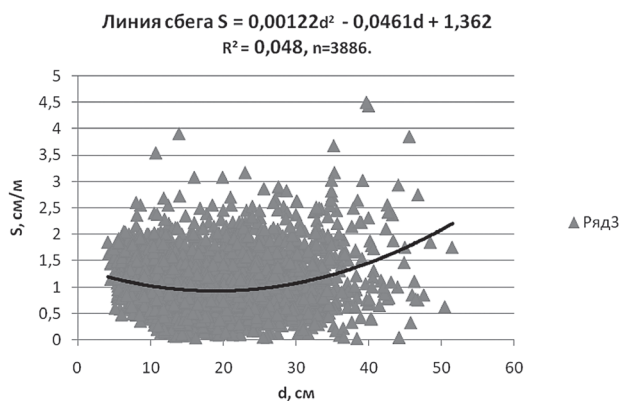


Рис. 9. Зависимость сбега (S) от верхнего диаметра бревен (d), Вологодская, Иркутская обл., ель+сосна+лиственница, $n = 3886$ шт.

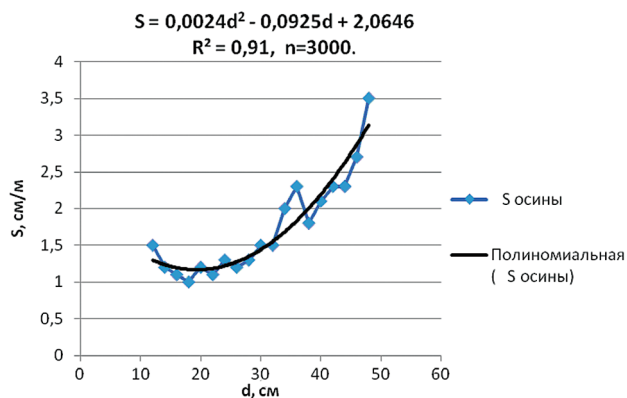


Рис. 10. Зависимость сбега (S) от верхнего диаметра бревен (d), Красноярский край, осина, $n = 3000$ шт. [12]

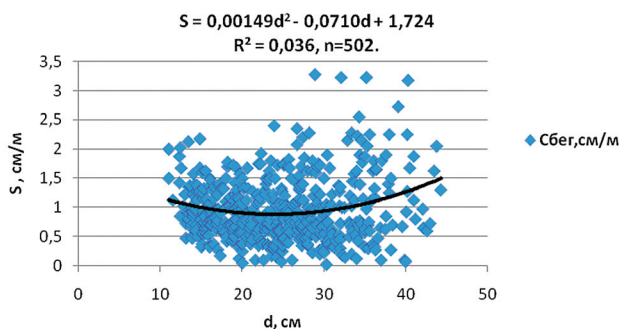


Рис. 11. Зависимость сбега (S) от верхнего диаметра бревен (d), Амурская обл., ель+лиственница, $n = 502$ шт.

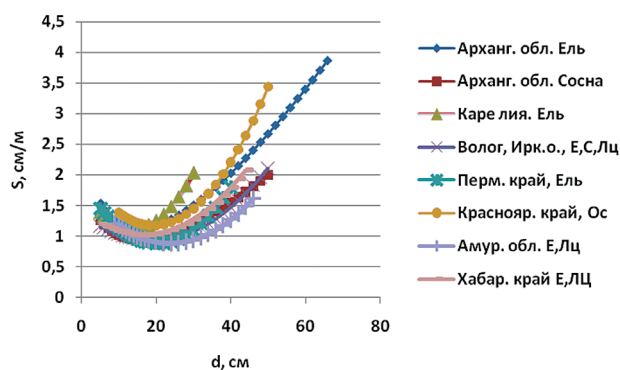


Рис. 13. Параболические кривые зависимости сбега (S) от верхнего диаметра бревен (d) в разных регионах

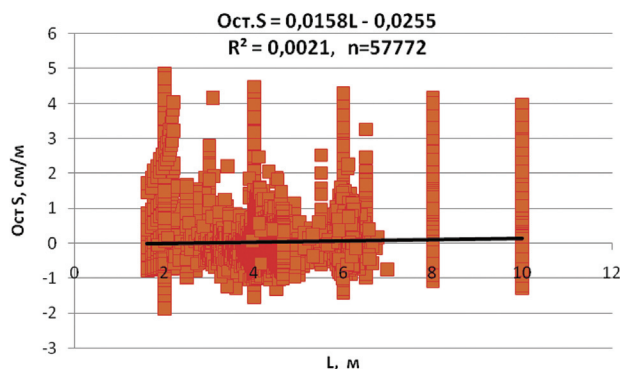


Рис. 15. Зависимость остаточных отклонений сбега (ост. S) от длины бревен (L)

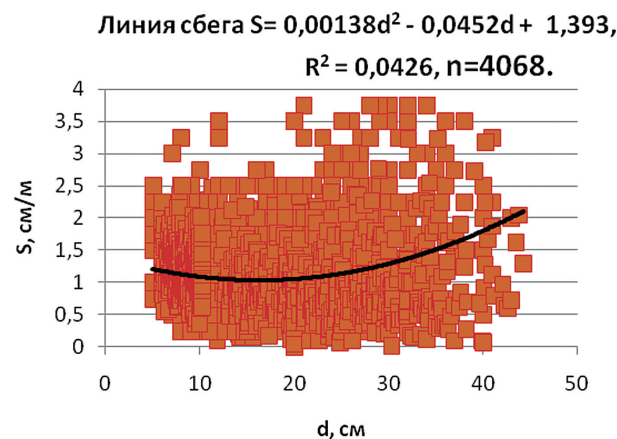


Рис. 12. Зависимость сбега (S) от верхнего диаметра бревен (d), Хабаровский край, ель+лиственница, $n = 4068$ шт.

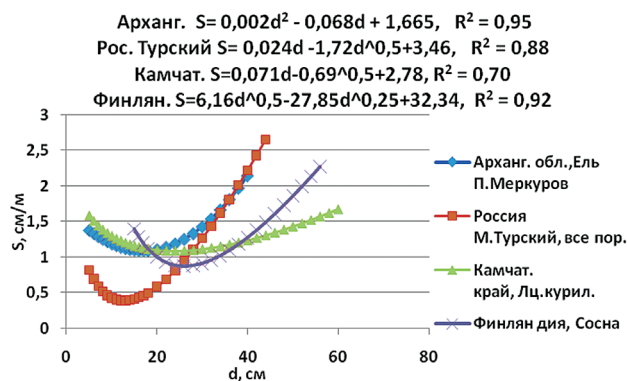


Рис. 14. Зависимость сбега (S) от верхнего диаметра бревен (d). Сбег вычислен на основе табличных объемов региональных таблиц [7], [11], [10], [4]

тверждает правильность логического вывода о форме связи.

Для того, чтобы использовать найденную закономерность связи в прикладных целях, в частности для разработки метода оценки объема круглых лесоматериалов, построено обобщенное для основных регионов и древесных пород уравнение регрессии

$$S = 2,889 - 0,8664\sqrt{d} + 0,0987d ; \\ R^2 = 0,086; n = 57772. \quad (7)$$

Уравнения регрессии (2–7) проверены на статистическую достоверность и адекватность. Их коэффициенты регрессии, детерминации статистически значимы. Для примера приведены оценки параметров уравнения (7).

Критерий достоверности указанной модели – F -критерий Фишера равен 2717. Пороговое табличное значение F -критерия для уровня значимости 0,05 составляет 3. Превышение вычисленного на основе модели (7) F -критерия над табличным ($2717 > 3$) свидетельствует о высокой степени надежности оценок сбеге по уравнению регрессии, о достоверности уравнения регрессии. Проверена также достоверность каждого коэффициента регрессии с помощью t -критерия Стьюдента.

Вычисленные применительно к уравнению регрессии (7) значения t -критерия равны: для a_0 – +92,6; для b – –64,2; для c – +69,8. Допустимое табличное значение t -критерия для уровня значимости 0,05 составляет 1,96. По всем коэффициентам регрессии расчетные t -критерии Стьюдента многократно превышают его табличное пороговое значение, равное 1,96. Следовательно, каждый из коэффициентов регрессии уравнения (7) статистически значим и указанную модель можно применять для расчета сбеге.

Кроме параболической проверена линейная форма связи. Однако линейная модель плохо отражает взаимосвязь между переменными, что подтверждают относительно низкие и недостоверные по сравнению с параболической формой связи статистические показатели (коэффициент корреляции, F -критерий Фишера коэффициенты регрессии). Различие между коэффициентами де-

терминации параболического и линейного уравнений регрессии статистически значимо по соответствующим критериям. Для всех уравнений (2–7) найдена точка экстремума. Минимальные значения функции сбеге имеют координаты: по оси диаметров (абсцисс) в диапазоне 19–24 см, по оси сбеге (ординат) в диапазоне 0,9–1,3 см/м.

Параболические кривые зависимости сбеге от верхнего диаметра, построенные по уравнениям регрессии, приводятся на рис. 3 (по породам), рис. 4 (по сводной совокупности), рис. 5–13 (по регионам), рис. 14 (по региональным таблицам объемов).

Графики демонстрируют тенденцию плавного снижения сбеге в связи с возрастанием диаметра от 6 см до точки экстремума (диаметр 19–24 см), смену тенденции снижения на противоположную и последующее увеличение сбеге по мере дальнейшего роста диаметра за пределами 24 см.

Большинство графиков построено по индивидуальным точкам, т.е. по данным отдельных взятых бревен. Поскольку статистические совокупности включают по несколько тыс. бревен и поле рассеяния точек на графиках размыто, то по расположению точек визуально трудно составить правильное представление о форме зависимости между сбегом и верхним диаметром. Для визуальной демонстрации формы связи между функцией и аргументом экспериментальные данные о сбеге в основной статистической совокупности, объединяющей 72 772 шт. бревен и предназначенной для расчета параметров уравнения сбеге, включенного в формулу расчета объема круглых лесоматериалов, сгруппированы и усреднены по сантиметровым ступеням диаметра. Результаты этого исследования представлены на графике рис.4.

Рис. 4 наглядно свидетельствует о том, что траектория зависимости групповых средних сбеге от верхнего диаметра выражается именно параболической кривой. Это же подтверждает график связи сбеге с верхним диаметром осиновых бревен (рис. 10), построенный по групповым значениям сбеге.

Параболические линии регрессии сбеге, параметры которых вычислены по индиви-

дуальным точкам, согласуются с траекторией, образованной групповыми средними сбега. Рис. 4, 10 визуально демонстрируют обоснованность принятой формы связи, соответствие теоретической кривой фактическим данным.

Для того, чтобы всесторонне исследовать закономерность связи сбега с параметрами круглых лесоматериалов, натурные измерения параметров бревен выполнены в разных природно-географических условиях, в насаждениях разных пород. Измерен и статистически обработан большой массив бревен – 155 тыс. шт. Выборка в значительной мере репрезентативна.

Полученные на основе этого массового материала уравнения регрессии сбега для разных древесных пород и разных регионов могут быть использованы в метрологических целях, для определения объема круглых лесоматериалов.

Таким образом, исследованиями ФГУП «ГНЦ ЛПК» установлено, что сбег бревен, получающихся от раскряжевки хлыстов, изменяется в зависимости от диаметра бревен по вогнутой параболической кривой, а не в форме линейной модели, как считалось ранее.

При анализе функций сбега следует обратить внимание на диаграмму 14. Особенность ее в том, что исходные данные о сбеге для построения уравнений регрессии получены не в результате измерения конкретных бревен, а вычислены на основе региональных российских и финских таблиц объемов. Эти уравнения показывают, что сбег бревен, вычисленный по объемам указанных таблиц, изменяется в зависимости от их диаметра по вогнутой параболической кривой. Эти конкретные примеры из практики построения таблиц подтверждают правомерность применения принятого ФГУП «ГНЦ ЛПК» подхода для построения формул расчета объемов бревен, включающих уравнения связи сбега с их диаметром.

Ряд авторов (например, Курицын А.К. [6],) указывает на отсутствие связи между сбегом и длиной бревен. В наших исследованиях также не обнаружено указанной связи. Подтверждением этому служат данные диаграммы (рис. 15).

Для исследования использованы не исходные (наблюденные) значения сбега, а его остаточные отклонения (ост. S), полученные в результате вычета из исходных значений сбега его оценок (расчетных значений) по уравнению регрессии 7. Линия регрессии на рис. 15 совпадает с нулевой ординатой, что свидетельствует об отсутствии связи. Коэффициенты регрессии и детерминации не значимы, что подтверждает отсутствие связи.

В заключение следует отметить следующее: из двух размерных параметров бревен – длины и диаметра – корреляционную связь со сбегом имеет только диаметр. Связь сбега с длиной бревен отсутствует.

Траектория зависимости сбега от верхнего диаметра бревен, получающихся от раскряжевки хлыстов, по форме представляет собой вогнутую (выпуклую к оси абсцисс) параболическую линию.

Масштабные многовариантные (по регионам и древесным породам) исследования зависимости сбега от верхнего диаметра свидетельствуют о наличии такой зависимости, об универсальном характере параболической формы связи, проявившейся во всех вариантах. Полученные в ходе исследования уравнения регрессии сбега, как и другие аналогичные уравнения, разработанные иными авторами, могут найти применение при вычислении объема круглых лесоматериалов.

Библиографический список

1. Аксенов, П.П. Теоретические основы раскряжки пиловочного сырья / П.П. Аксенов. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1960. – 216 с.
2. Анучин, Н.П. Лесная таксация / Н.П. Анучин. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 552 с.
3. ГОСТ Р 52117-2003 Лесоматериалы круглые. Методы измерений.
4. Инструкция по измерениям плотного объема круглых лесоматериалов. Финляндия. 1998. – 16с.
5. Крашенинников, И.П. Сбежистость ствола – показатель качества круглых лесоматериалов. Тр. XXIII. Вып. 3 / И.П. Крашенинников – М.: ЦНИИМЭ, 1960. – С. 33–46.
6. Курицын, А.К. Круглые лесоматериалы. Справочное пособие / А.К. Курицын. – Химки: Лесэксперт, 2003. – С. 54.
7. Меркуров, П.А. Экспериментальные исследования по разработке региональной таблицы объемов

- круглых лесоматериалов. ИВУЗ / П.А. Меркуров // Лесной журнал. – 1996. – № 3.
8. Орлов, М.М. Лесная таксация / М.М. Орлов. – Л.: Лесное хоз-во, 1929. – 530 с.
 9. ОСТ 13-303-92 Лесоматериалы круглые. Методы поштучного измерения объема. М. 17с.
 10. ТУ 21-10-3-90 Таблицы объемов сортиментов камчатских древесных пород. Технические условия. 1998г. 15 с.
 11. Турский, М. Таблицы для таксации леса. 7-е издание / М. Турский. – М.: Типолитограф. Т-ва И.Н. Кушнеревъ и К, 1910 г.
 12. Фрумина, С.И. Сбежистость бревен мягколиственных пород / С.И. Фрумина // Ресурсо- и экологосберегающие технологии в лесной промышленности: Тезисы докладов краевой научно-технической конференции, 13 мая 1988 г. – Красноярск, 1988. – С. 75–76.

НОВЫЙ ГОСТ Р 54365-2011 « ЛЕСОМАТЕРИАЛЫ КРУГЛЫЕ. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЕМА ПО ВЕРХНЕМУ ДИАМЕТРУ И СБЕГУ»

В.П. СТЯЖКИН *зам. ген. директора ФГУП «ГНЦ ЛПК» канд. экон. наук,*
В.А. КОНДРАТЮК, *проф., ген. директор ФГУП «ГНЦ ЛПК», д-р экон. наук*

gnclpk@mail.ru

Основным, наиболее распространенным и экономичным методом поштучного учета объема круглых лесоматериалов (бревен) являются таблицы объемов [4]. С помощью этого метода учитывается свыше 100 млн м³ древесины. Однако по нашим данным, основная табл. № 1 ГОСТ 2708-75 занижает объем древесины в диапазоне диаметров от 6 до 20 см. Аналогичные факты приводятся в публикациях ряда авторов: А.К. Курицына [6], М.М. Герасимовой [3], В.С. Грека [5]. Поэтому ФГУП «ГНЦ ЛПК» поставило задачу разработать метод учета древесины, обеспечивающий при минимально возможном числе измеряемых параметров бревен более высокую точность оценки объема. Это предложено сделать за счет включения в модель расчета объема такого важного показателя формы бревен, как сбеги. На необходимость учета сбегов при оценке объема круглых лесоматериалов указывали выдающиеся ученые-таксаторы – акад. Н.П. Анучин [2], проф. М.М. Орлов [8].

Разработка ГОСТ Р «Лесоматериалы круглые. Метод измерения объема по верхнему диаметру и сбегу» была предусмотрена национальной программой стандартизации на 2010 г. Этот ГОСТ Р утвержден Росстандартом 27.07.2011 г. с датой введения в действие с 01.07.2012 г. Ему присвоен номер 54365-2011.

Поштучные методы учета древесины различаются между собой по точности оцен-

ки объема отдельных экземпляров бревен. Бревно по своей геометрической форме приближается к фигуре усеченного конуса (ф. 1)

$$V = 3,1416L(d^2 + D^2 + dD) = 0,00002618L(d^2 + D^2 + dD), \quad (1)$$

где V – объем древесины, заключенной в бревне, м³,

L – длина бревна, м,

d – диаметр верхнего торца без коры, см,

D – диаметр нижнего торца без коры, см.

Размеры бревен (L , d , D) находят измерением.

Точность оценки объема усеченного конуса (или бревна) зависит от того, насколько правильно учтена разница между меньшим и большим диаметрами оснований (применительно к бревну – его абсолютный сбеги).

Какие же методологические принципы положены в основу новых формул расчета и таблиц объемов нового ГОСТ Р Академик Н.П. Анучин [4] отмечал: «Ошибки в определении объема бревен по таким таблицам (имеются в виду таблицы объемов по ГОСТ 2708-75 – В.П. Стяжкин) объясняются неточным учетом зоны сбегов».

В методологическом плане представляется правильным и рациональным разрабатывать формулы и таблицы объемов на основе показателей сбегов и размеров бревен. Бревно условно можно представить состоящим из двух частей: периферической (зоны сбегов) и цилиндрической (находящейся внутри периферической). Объем цилиндричес-

кой части определяется однозначно для всех бревен с одинаковым верхним диаметром и длиной. Объем зоны сбega определяется неоднозначно, так как неодинаков сбег бревен. Объем таких бревен варьирует в зависимости от величины сбega. Построение формул и таблиц объемов должно быть связано, таким образом, с оценкой степени влияния сбega на объем бревен. Величина сбega должна устанавливаться опытным путем на основе измерений бревен в их представительной статистической совокупности.

Следующая важная методологическая задача связана с выяснением закономерности связи сбega с размерами бревен, с поиском математической формы его зависимости от диаметра и построением уравнения регрессии. Очередной шаг – разработка такой формулы объема бревен, которая включала бы сбег как функцию от диаметра бревен.

Для целей учета применяют либо непосредственно формулы, либо построенные на их основе таблицы объемов.

Заключительный этап – определение практической пригодности формул и таблиц. Их приемлемость доказывается сопоставлением объемов бревен, рассчитанных по формуле или таблице, с объемами, вычисленными опорным (точным) методом, и сравнением погрешности оценки объемов с допустимыми значениями.

Исследования специалистов свидетельствуют о наличии корреляционной зависимости сбega от диаметра бревен. В специальной технической литературе приводятся некоторые сведения о взаимосвязи сбega и диаметра лесоматериалов. А.К. Курицын в справочном пособии [6] отмечает, что значимой зависимости сбega от длины и диаметра бревен не выявлено. Работы других авторов свидетельствуют о наличии связи сбega с диаметром. В «Лесной энциклопедии» [7] подчеркивается: «средний сбег бревен возрастает прямо пропорционально величине диаметра», и приводится прямолинейное уравнение регрессии.

Сбег изучал академик Н.П. Анучин [2]. Он установил, что «величина среднего сбega находится в прямой зависимости от толщины

бревен», и сопроводил этот вывод прямолинейным уравнением регрессии.

П.П. Аксенов исследовал сбег пиловочных бревен [1]. Приведенные им данные характеризуют прямопропорциональную зависимость сбega от верхнего диаметра.

Учитывая противоречивые сведения о характере влияния диаметра круглых лесоматериалов на сбег, ФГУП «ГНЦ ЛПК» выполнило самостоятельное исследование закономерности этой связи.

Статистическая совокупность бревен для исследования сформирована из бревен диаметром от 6 до 100 см, длиной от 1 до 9,5 м. Подбор бревен в выборку осуществлен в соответствии с принципом пропорционального представительства, т.е. чтобы их распределение по градациям диаметра и длины было пропорционально объему этих бревен, получающемуся при раскряжке. Хлысты или стволы деревьев при раскряжке целиком разделяются на сортименты. Следовательно, продукция лесозаготовительного производства формируется из всех частей хлыста – вершинных, срединных, комлевых. Этот очевидный факт является ключом к пониманию закономерности связи сбega с диаметром.

При моделировании закономерности связи важно учитывать особенности геометрической формы ствола. В нижней части ствола его диаметр по направлению к вершине резко уменьшается, т.е. в комлевой, самой толстой части сбег большой. В средней части ствола диаметр уменьшается незначительно, т.е. в средней по толщине части ствола сбег небольшой. В вершинной части ствола диаметр также резко снижается, т.е. в тонкой части ствола сбег снова большой.

Теоретический анализ привел к выводу: в статистической совокупности бревен, получающихся от раскряжки, сбег как функция диаметра описывается вогнутой параболической кривой, формула которой имеет вид

$$S = a_0 - bd + cd^2, \quad (2)$$

где S – сбег бревна, см/м;

a_0 – свободный член уравнения регрессии;

v, c – коэффициенты регрессии при диаметре;

d – диаметр верхнего торца бревна, см.

Экспериментальный материал составили данные натуральных измерений бревен в производственных условиях в Архангельской, Вологодской, Пермской, Иркутской, Амурской областях, в Республиках Карелия, Коми, в Приморском, Хабаровском, Красноярском краях. Измерены верхний, нижний диаметры, длина бревен.

На основе собранных данных о размерах примерно 155 тыс. бревен вычислены параметры приведенных ниже, а также помещенных на диаграммы уравнений регрессии сбега.

Уравнения регрессии сбега круглых лесоматериалов по древесным породам, построенные на основе данных таблиц сбега

$$\text{С: } S = 1,651 - 0,0356d + 0,000691d^2; \\ R^2 = 0,04; n = 1773. \quad (3)$$

$$\text{Е: } S = 1,721 - 0,0296d + 0,000421d^2; \\ R^2 = 0,04; n = 1889. \quad (4)$$

$$\text{Д: } S = 2,125 - 0,0256d + 0,000381d^2; \\ R^2 = 0,05; n = 1930. \quad (5)$$

$$\text{Б: } S = 1,549 - 0,0206d + 0,000323d^2; R^2 = 0,02; \\ n = 930. \quad (6)$$

$$\text{Ос: } S = 1,351 - 0,0127d + 0,000195d^2; \\ R^2 = 0,01; n = 969. \quad (7)$$

$$\text{С+Е+Д+Б+Ос: } S = 1,63 - 0,0206d + 0,000398d^2; \\ R^2 = 0,05; n = 7450. \quad (8)$$

Уравнения регрессии сбега бревен по основным регионам, построенные на основе данных натуральных измерений

Арханг. обл., ель

$$S = 3,426 - 1,1877\sqrt{d} + 0,1529d; \\ R^2 = 0,045; n = 64995. \quad (9)$$

Арханг. обл., сосна

$$S = 2,644 - 0,859\sqrt{d} + 0,1086d; \\ R^2 = 0,043; n = 50000. \quad (10)$$

Пермский край, ель

$$S = 1,872 - 0,09647d + 0,002365d^2; \\ R^2 = 0,05; n = 27050. \quad (11)$$

Иркутская, Вологодская обл., ель, лиственница, сосна

$$S = 1,362 - 0,0461d + 0,00122d^2; \\ R^2 = 0,048; n = 3886. \quad (12)$$

Хабаровский край, ель, лиственница

$$S = 1,393 - 0,0452d + 0,00138d^2;$$

$$R^2 = 0,043; n = 4068, \quad (13)$$

где S – сбег бревна, см/м;

d – диаметр верхнего торца бревна, см;

R^2 – коэффициент детерминации;

n – количество бревен в выборке, шт.

Анализ уравнений регрессии показывает, что все они представляют собой вогнутую (выпуклую вниз) параболу, и это подтверждает правильность логического вывода о форме связи.

Для целей разработки стандарта «Лесоматериалы круглые. Метод измерения объема по верхнему диаметру и сбегу», а именно для построения формул, по которым вычисляются табличные значения объемов, выбрано сводное уравнение регрессии сбега (ф. 14), составленное по обобщенным данным 57772 штук бревен, совокупность которых приближенно отражает среднюю породную и региональную структуру заготовленной древесины

$$S = 2,889 - 0,8664\sqrt{d} + 0,0987d; \\ R^2 = 0,086; n = 57772. \quad (14)$$

Выбранное уравнение регрессии проверено на статистическую достоверность и адекватность.

Критерий достоверности указанной модели – F -критерий Фишера равен 2717. Пороговое табличное значение F -критерия для уровня значимости 0,05 составляет 3. Превышение вычисленного на основе модели (ф. 14) F -критерия над табличным ($2717 > 3$) свидетельствует о высокой степени надежности оценок сбега по уравнению регрессии, о достоверности уравнения регрессии. Проверена также достоверность каждого коэффициента регрессии с помощью t -критерия Стьюдента.

Вычисленные применительно к уравнению регрессии (ф. 14) значения t -критерия равны: для a_0 – +92,6; для v – –64,2; для c – +69,8. Допустимое табличное значение t -критерия для уровня значимости 0,05 составляет 1,96. По всем коэффициентам регрессии расчетные t -критерии Стьюдента многократно превышают его табличное пороговое значение, равное 1,96. Следовательно, каждый из коэффициентов регрессии уравнения (ф. 14) статистически значим и указанную модель можно применять для расчета сбега.

Кроме параболической проверена линейная форма связи. Однако линейная модель плохо отражает взаимосвязь между переменными, что подтверждают относительно низкие, по сравнению с параболической формой связи, статистические показатели (коэффициент корреляции, F -критерий Фишера).

Различие между коэффициентами детерминации параболического и линейного уравнений регрессии статистически значимо по соответствующим критериям.

Линейная связь сбегса с диаметром, как не отражающая действительность, не должна учитываться при построении формул и таблиц объемов.

Для всех уравнений (ф. 3–14) найдена точка экстремума. Минимальные значения функции сбегса имеют координаты: по оси диаметров (абсцисс) – в диапазоне 19–

$$S = 0,0987d - 0,8664d^{0,5} + 2,889$$

$$R^2 = 0,09, n = 57772.$$

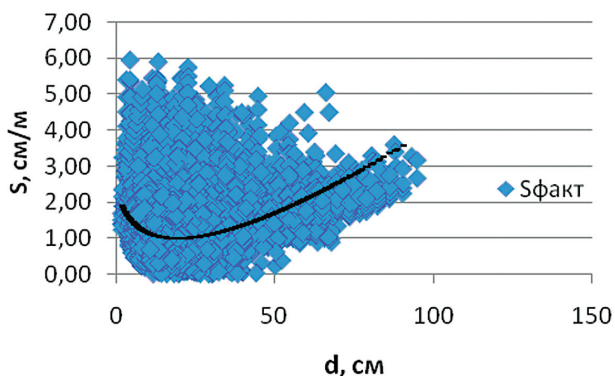


Рис. 1. Линия зависимости сбегса (S , см/м) от верхнего диаметра бревен (d , см), построенная по индивидуальным точкам сводной совокупности (ф. 14)



Рис. 2. Линии зависимости сбегса (S , см/м) от верхнего диаметра бревен (d , см), построенные: 1 (ломаная линия) – по групповым средним S , вычисленным для каждой сантиметровой ступени d ; 2 (плавная параболическая линия) – по уравнению регрессии (ф. 14)

24 см, по оси сбегса (ординат) – в диапазоне 0,9–1,3 см/м.

Параболическая кривая сбегса бревен, построенная по данным сводной совокупности, приводится на рис. 1–2.

Поскольку статистическая совокупность включает более 57 тыс. бревен и поле рассеяния точек на графике (рис. 1) размыто, то визуально трудно составить правильное представление о форме зависимости между сбегсом и верхним диаметром. Для наглядной демонстрации параболической формы связи между функцией и аргументом экспериментальные данные о сбегсе в основной статистической совокупности, объединяющей 57 772 шт. бревен, сгруппированы и усреднены по сантиметровым ступеням диаметра. Результаты этого исследования представлены на графике (рис. 2).

Как видим, траектория зависимости групповых средних сбегса от верхнего диаметра выражается именно параболической кривой. Параболическая линия регрессии сбегса, параметры которой вычислены по индивидуальным точкам, согласуется с траекторией, образованной групповыми средними сбегса. Приведенный график подтверждает обоснованность принятой формы связи, соответствие теоретической кривой фактическим данным и правомерность применения формулы 14 в стандарте на метод измерения.

Таким образом, исследованиями ФГУП «ГНЦ ЛПК» установлено, что сбег бревен, получающихся от раскряжевки хлыстов, изменяется в зависимости от диаметра бревен по вогнутой параболической кривой, а не в форме линейной модели, как считалось ранее.

Конструирование формулы объема бревен основывается на преобразовании формулы усеченного конуса (ф. 1) путем «встраивания» в нее уравнения регрессии сбегса. Из всех параметров бревна (d , L , D), входящих в формулу, неизвестным (не измеряемым инструментально при применении настоящего стандарта) является диаметр нижнего торца D . Преобразование формулы 1 состоит в замене фактического значения D на расчетное.

Сравнение объема бревен, вычисленного по стандарту (ф. 17) с объемом, рассчитанным по формуле усеченного конуса

Длина, м	Погрешность (%) определения объема по стандарту в разрезе градаций диаметра и длины					
	3–10 см	10,1–19 см	19,1–40 см	40,1–65 см	65,1–106 см	Итого
1,5–3	–5,5	–1,5	–2,2	+0,2	+1,3	–1,2
3,1–5	–2,2	+1,3	–1,1	+0,6	+3,3	+0,1
5,1–7	–2,9	+0,8	–0,7	+0,2	+4,9	+0,3
Всего	–3,0	+0,9	–1,0	+0,3	+3,5	+0,2

Расчетное значение диаметра нижнего торца (D_p) определяется по формуле

$$D_p = S L + d. \quad (15)$$

Сбег в формуле (ф. 15) подставляют не фактический, а расчетный (S), основанный на уравнении регрессии (ф. 14). С учетом этого формула 15 примет вид

$$D_p = (2,889 - 0,8664 \sqrt{d} + 0,0987 d) L + d. \quad (16)$$

В результате замены в формуле усеченного конуса (ф. 1) значения D на выражение ф. 16 получена искомая формула объема бревен

$$V = 0,00002618 L (d^2 + ((2,889 - 0,8664 \sqrt{d} + 0,0987 d) L + d)^2 + d((2,889 - 0,8664 \sqrt{d} + 0,0987 d) L + d)), \quad (17)$$

где V – объем бревна без коры, м³.

Указанная формула через сбег корректирует объем сбеговой зоны и всего бревна, обеспечивая приближение расчетного объема к истинному. Для определения объема бревен по формуле 17 необходимо сделать замеры диаметра верхнего торца без коры (d , см) и длины (L , м).

Важное достоинство предложенного нового метода состоит в том, что одно измерение верхнего диаметра дает два результата: непосредственно величину диаметра и соответствующую ему величину сбega.

Различия лесов в природных условиях и породном составе влияют на форму стволов (следовательно, и бревен) – на их сбег.

Поскольку уравнение регрессии сбega (ф. 14) построено по данным выборки, его коэффициенты регрессии достоверно отражают закономерность связи функции с диаметром только для аналогичных выборок.

Точность оценок сбega по уравнению (ф. 14) будет ниже, если условия произрастания древостоев отличаются от тех, которые характерны для экспериментальной исходной выборки. По этой причине возможны систематические погрешности при оценке сбega по уравнению (ф. 14) по сравнению с реальным сбегом, а следовательно, и в оценке объема бревен.

Учитывая данное обстоятельство, в стандарт включен раздел 6, посвященный исключению систематической погрешности измерения объема.

В стандарте предусмотрена погрешность определения объема партий круглых лесоматериалов. Показатель погрешности обоснован статистическими расчетами. Погрешность устанавливается применительно к минимальному объему партии.

Испробованы два варианта минимального объема партии – 15 м³ и 30 м³. Вариант 15 м³ отвергнут, т. к. при таком объеме партии приписанная погрешность должна составить 6,3 %, что неприемлемо. Принят вариант объема партии 30 м³. Он обеспечивает величину погрешности 4,58 %, что можно считать приемлемым. Для стандарта результат расчета погрешности (4,58 %) округлен до 5,0 %.

Адекватность формулы 17 проверена по данным выборки путем детального (по размерным градациям диаметра и длины бревен) сравнения оценок объема, вычисленных по указанной формуле, с аналогичными оценками, полученными по опорному методу (по формуле усеченного конуса).

Результаты сравнения метода верхнего диаметра и сбega с опорным методом на базе учета 9109 м³ приводятся в таблице.

Анализ табличных данных показывает, что по всем типоразмерным группам бревен погрешность определения объемов новым методом не превышает допустимых пределов ($\pm 5\%$). Это свидетельствует о практической пригодности предложенного метода верхнего диаметра и сбega и построенной на его основе таблицы объемов для учета круглых лесоматериалов.

По ф. 17 рассчитаны побревенные значения объемов и помещены в отдельную таблицу. Преимущества нового метода состоят в его относительно высокой точности и в возможности применения в двух формах: в виде формулы (ф. 17) и в табличной форме. Применение нового метода в варианте формулы позволит автоматизировать процессы учета круглых лесоматериалов, использовать для этой цели компьютерную технику.

В заключение можно отметить следующее.

Разработанный научным центром стандарт основан на новом методе определения объема бревен – на методе верхнего диаметра и сбega. Апробация показала приемлемую для практического применения точность стандарта (до $\pm 5\%$).

В ходе работы над ГОСТ Р существенно уточнено научное представление о форме зависимости сбega от диаметра бревен. Эта связь выражается параболической кривой, а не прямой линией.

Библиографический список

1. Аксенов, П.П. Теоретические основы раскрытия пиловочного сырья / П.П. Аксенов. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1960. – 216с.
2. Анучин, Н.П. Лесная таксация / Н.П. Анучин. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 552 с.
3. Герасимова, М.М. Определение фактических ресурсов сибирской лиственницы в лесопилении методом математического моделирования пиловочных бревен / М.М. Герасимова, В.Ф. Ветшева. – <http://Science-vsea.narod.ru/2004>.
4. ГОСТ 2708-75 Лесоматериалы круглые. Таблицы объемов. М.: Изд-во стандартов, 1978. 34 с.
5. Грек, В.С. Определение объемов древесины и коры в круглых лесоматериалах из древесных пород Камчатки / В.С. Грек, Е.Ю. Лысун, Е.А. Артемова // Научные основы лесохозяйственного производства на Дальнем Востоке. Тр. Вып. 33. – Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1991.
6. Курицын, А.К. Круглые лесоматериалы. Справочное пособие / А.К. Курицын. – Химки: Лесэксперт, 2003. – С. 54.
7. Лесная энциклопедия: в 2-х т., т. 2. Лимонник–Ящерица / Ред. кол.: Г.И. Воробьев и др. – М.: Сов. Энциклопедия, 1986. – С. 340.
8. Орлов М.М. Лесная таксация / М.М. Орлов. – Л.: Лесное хоз-во, 1929. – 530 с.

Клинов М.Ю., Кондратюк В.А., Воскобойников И.В., Крылов В.М., Кондратюк Д.В. СИСТЕМА УНИФИЦИРОВАННЫХ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТ.

Предлагается новая унифицированная система машин на базе серийного гусеничного трелевочного трактора, приспособленная к нашим природным условиям и имеющая преимущества перед импортными вариантами лесной техники.

Ключевые слова: лесозаготовка, рубки ухода, машины, трактора, производительность труда.

Klinov M.Y., Kondratyuk V.A., Voskoboinikov I.V., Krylov V.M., Kondratyuk D.V. NEW GENERATION OF UNIFIED TRACK MACHINES FOR LOGGING AND OF FORESTSTHINNING.

A new system of unified machinery on the basis on the serial skidder adapted to our natural environment. It has advantages over the imported versions of forest machinery.

Key words: logging, thinning, cars, tractors, and labor productivity.

Кондратюк В.А., Воскобойников И.В., Щелоков В.М. О ГОСУДАРСТВЕННОМ УЧЕТЕ ЗАГОТОВЛЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ.

В статье рассмотрены подходы к государственному учету заготовленной древесины и дается краткое описание пилотной версии информационной системы учета заготовленной древесины.

Ключевые слова: учет, заготовленная древесина, информационная система, государственная система.

Kondratyuk V.A., Voskoboinikov I.V., Shchelokov V.M. STATE REGISTRATION OF HARVESTED WOOD.

The paper considers state approaches to accounting of harvested wood and gives a brief description of the pilot version of the information system for accounting of harvested wood.

Key words: accounting, harvested wood, the information system, the state system.

Кондратюк В.А., Воскобойников И.В., Крылов В.М., Кирилин А.Н., Кондратюк Д.В. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС «УМК-Д» НА БАЗЕ МНОГОЦЕЛЕВОГО ДИРИЖАБЛЯ А-300МУ ДЛЯ МОНИТОРИНГА НАЗЕМНОЙ, ВОЗДУШНОЙ И ВОДНОЙ СРЕДЫ, ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ, ОПЕРАТИВНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ И ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ.

Предлагается проект универсального аэростатического комплекса «УМК-Д» на базе многоцелевого дирижабля нового поколения А-300МУ, предназначенного для мониторинга наземной, воздушной и водной среды, патологической и экологической оценки состояния лесных территорий, их пожароопасности и эффективно обнаружения и тушения лесных и торфяных пожаров. Устанавливаемое оборудование обеспечивает новые, недоступные для сегодняшних средств возможности обнаружения и тушения пожаров. Применение комплекса позволит на принципиально новом технологическом уровне производить мониторинг, оценку состояния лесных территорий, своевременно выявлять зарождающиеся очаги пожара и оперативно и эффективно тушить их.

Ключевые слова: обнаружение и тушение лесных пожаров, оценка пожароопасности, мониторинг, многоцелевой дирижабль, патрулирование.

Kondratyuk V.A., Voskoboinikov I.V., Krylov V.M., Kirilin A.N., Kondratyuk D.V. UNIVERSAL SYSTEM «UMC-D» BASED ON A MULTIPURPOSE DIRIGIBLE-300MU MONITORING LAND, AIR AND WATER POLLUTION, PREVENTION, DETECTION AND OPERATIONAL EXTINGUISHING FOREST AND PEAT FIRESKONDRATYUK.

The project of a universal aerostatic complex “CMD-D” on the basis of A-300MU multi-purpose derigible of next generation, designed for monitoring land, air and water pollution, pathological and environmental assessment of the state forest lands, their fire risk and the effective detection and extinguishing of forest and peat fire. Mountable equipment provides a new possibility of detecting and extinguishing fires, not available today. Application of the complex will allow completely new level of technology to monitor and evaluate the status of forest areas in a timely manner, to identify emerging pockets of fire and quickly and effectively extinguish them.

Key words: detection and extinguishing forest fires, fire risk assessment, monitoring, multi-purpose airship, monitoring.

Жеребин А.М., Воскобойников И.В., Щелоков В.М. АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЕТА КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ.

Представлены результаты исследований применения оптических методов измерений для автоматизированного учета круглых лесоматериалов. Целью является оценка объема древесины в пачке на этапах погрузки/выгрузки. Система должна решать задачи учета круглых лесоматериалов на основе методов обработки изображений пачки бревен, поступающих от видеокамер, расположенных в пунктах приемки/отгрузки круглых лесоматериалов.

Ключевые слова: оптические методы измерения, автоматизированный учет, круглые лесоматериалы.

Zherebin A.M., Voskoboinikov I.V., Shchelokov V.M. APPLICABILITY OF THE ANALYSIS OF OPTICAL MEASUREMENT METHODS FOR AUTOMATED ACCOUNTING OF ROUND WOOD.

The aim is to estimate the volume of timber in the stack at the stages of loading / unloading. The system must meet the challenges of round timber accounting methods based on image processing stack of logs coming from video camera located in areas of receiving / shipping of round wood.

Key words: optical methods, measurement, techniques for automated accounting, round timber.

Кондратюк Д.В., Люманов Р.А. УНИВЕРСАЛЬНАЯ МАШИНА ДЛЯ ЗАГОТОВКИ ДЕРЕВЬЕВ, ХЛЫСТОВ И СОРТИМЕНТОВ.

В статье рассмотрена конструкция и основные параметры новой универсальной лесозаготовительной машины для заготовки деревьев, хлыстов и сортиментов. Предложены различные варианты технологии работы, обеспечивающие круглогодичную высокую производительность, эффективность и безопасность ее применения в основных лесозаготовительных регионах РФ с соблюдением лесоводственно-экологических требований и исключением производственного травматизма.

Ключевые слова: лесозаготовительная машина, технологическое оборудование, системы управления, объем пачки, производительность машины.

Kondratyuk, D.V., Lyumanov R.A. UNIVERSAL MACHINE HARVESTING TREES WHIP AND ASSORTMENT.

The article describes the design and basic parameters of a new universal harvester for harvesting trees, whips, and assortments. Various versions of the technology, providing year-round performance, efficiency and safety of its use in the main forest regions of Russia in compliance with silvicultural and environmental requirements and the exclusion of occupational injuries.

Key words: forestry machine, process equipment, control systems, the volume of the pack, the machine's performance.

Кондратюк Д.В. СИСТЕМА УЧЕТА РАБОТЫ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ.

В статье проведено исследование возможности применения системы учета показателей работы: объема заготовок древесины, расхода топлива, времени работы, перемещение машин по лесосеке с использованием системы ГЛОНАСС для организации эффективной работы на технологических процессах лесозаготовки и обработки древесины.

Ключевые слова: система ГЛОНАСС, объем лесозаготовок, бортовая система сбора данных.

Kondratyuk D.V. ACCOUNTING SYSTEM OF LOGGING MACHINES.

The paper investigated the possibility of applying the accounting system performance: pieces of wood, fuel consumption, operation time, the movement of vehicles on the cutting area with the use of the GLONASS system for effective operation in the technological processes of logging and wood processing.

Key words: the GLONASS system, the amount of logging, on-board data acquisition system.

Кондратюк В.А., Косарев В.А. ТЕХНОЛОГИЯ ПЯТИКООРДИНАТНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ, ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПЛАСТМАСС И СОЗДАНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕНТРА.

В статье рассмотрены технология пятикоординатной механической обработки полимерных композиционных материалов (ПКМ), древесины и пластмасс, примеры пятикоординатной обработки, режимы технологического процесса и параметры режущих инструментов. Обоснована потребность в разработке и создании отечественного специализированного пятикоординатного обрабатывающего центра для сложной обработки объемных деталей из ПКМ, древесины и пластмасс, его технологической оснастки.

Ключевые слова: пятикоординатная обработка, обрабатывающий центр, полимерные композиционные материалы, древесина, пластмасса, режущие инструменты.

Kondratyuk V.A., Kosarev V.A. FIVE-AXIS MACHINING TECHNOLOGY, PROCESSING OF WOOD AND POLYMER COMPOSITE MATERIALS AND PLASTICS, AND THE CREATION OF PROTOTYPE MACHINING CENTER.

The article deals with five-axis machining technology of polymer composite materials (PCM), wood and plastic samples at room pyatikoordi-processing modes and parameters of the process of cutting tools. Substantiated the need for the development and creation of specialized domestic five-axis machining center for complex high-volume parts of the RMB. wood and plastics, its tooling.

Key words: five-axis machining, machining center, polymer composite materials, wood, plastic, cutting tools.

Кондратюк Д.В., Кравцов Е.В. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЛИСТВЕННЫХ КОРОТКОМЕРНЫХ СОРТИМЕНТОВ.

В статье рассмотрена проблема переработки низкокачественной древесины в России. Проведен анализ различных технологий переработки тонкомерной древесины. Предложена технология продольного раскроя ко-

роткомерных лесоматериалов. Описаны наиболее эффективные методы переработки низкокачественной древесины. Предложено оборудование для переработки тонкомерного низкокачественного сырья.

Ключевые слова: круглопильный станок, лесосырьевой ресурс, технологии переработки древесины, низкокачественная древесина, деревообрабатывающее оборудование.

Kondratyuk D.V., Kravtsov E.V. TECHNOLOGY SOLUTIONS HARDWOOD TREATMENT SHORT ASSORTMENT.

The paper considers the problem of processing low-quality wood in Russia. The analysis of the various processing technologies Hungry timber. The technology of slitting short timber. We describe the most effective methods of processing low-quality wood. Proposed equipment for processing low-quality raw materials Hungry.

Key words: circular saw, forest re.

Клубничкин Е.Е., Клубничкин В.Е., Крылов В.М., Кондратюк Д.В. ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГУСЕНИЧНОЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИКЛАДНЫХ ПАКЕТОВ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ.

Гусеничный движитель во многих случаях является наиболее целесообразным по сравнению с колесным движителем в различных почвенно-грунтовых условиях. Возможность применения гусеничного движителя зависит от конкретных производственных условий применения в лесозаготовительном производстве, открывает пространство для компьютерного моделирования. Данная статья посвящена возможностям моделирования динамики движения гусеничных лесозаготовительных машин в прикладном пакете компьютерных программ MSC.ADAMS, в основном универсальном модуле MSC.ADAMS / View, который не ориентирован специально на моделирование гусеничных лесозаготовительных машин. Исследование представляет конкретные примеры моделирования гусеничных лесозаготовительных машин и способов их успешной реализации во время движения по профилю пути с единичными пороговыми препятствиями в оценке свойств маневренности гусеничного шасси и плавности хода.

Ключевые слова: гусеничный движитель, гусеничная машина, MSC.ADAMS / view, динамика движения, моделирование, ходовая система.

Klubnichkin E.E., Klubnichkin V.E., Krylov V.M., Kondratyuk D.V. DYNAMIC SIMULATION OF CRAWLER LOGGING MACHINE MOTION USING APPLIED SOFTWARE PACKAGE.

Caterpillar tracks in many cases is most appropriate in comparison with the paddle wheels in different soil and ground conditions. The possibility of track assembly depends on the specific operating conditions, the use of timber production, opens space for the computer simulation. This article deals with possibilities of modeling the dynamics of the movement of tracked harvesters in the application package software MSC.ADAMS, mostly universal module MSC. ADAMS / View that is not focused specifically on the modeling of tracked harvesters. The research provides concrete examples: simulation tracked forest machines and methods for their successful implementation at the time of motion along the path with single profile and obstacles in the evaluation of the properties of mobility tracked chassis and ride comfort.

Key words: tracked propulsion, tracked vehicle; MSC.ADAMS / view; driving dynamics, modeling, suspension system.

Клубничкин Е.Е., Клубничкин В.Е., Крылов В.М., Кондратюк Д.В. К ОБОСНОВАНИЮ УДЕЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ГУСЕНИЧНОГО ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ТРАКТОРА.

Гусеничный движитель во многих случаях является наиболее целесообразным по сравнению с колесным движителем в различных почвенно-грунтовых условиях. Возможность применения гусеничного движителя зависит от конкретных производственных условий применения в лесозаготовительном производстве, открывает пространство для математического моделирования. Данная статья посвящена анализу удельного давления гусеничной лесозаготовительной машины с учетом режимов нагружения. Исследование представляет конкретные результаты, полученные экспериментально: во время движения по профилю пути с единичными пороговыми препятствиями в оценке свойств маневренности гусеничного шасси и плавности хода

Ключевые слова: гусеничный движитель, гусеничная машина, движение, матожидание, ходовая система.

Klubnichkin E.E., Klubnichkin V.E., Krylov V.M., Kondratyuk D.V. JUSTIFICATION OF UNIT PRESSURE OF TRACK FORESTRY TRACTOR.

Caterpillar tracks in many cases is most appropriate in comparison with the paddle wheels in different soil and ground conditions. The possibility of track assembly depends on the specific operating conditions for use of timber production, opens space for mathematical modeling. This article analyzes the specific pressure tracked harvester based on modes of loading. The study presents results obtained experimentally: while driving on the road with a single profile and obstacle in assessing the properties of mobility tracked chassis and ride comfort.

Key words: tracked propulsion, tracked vehicle, motion, expectation, suspension system.

Суханов В.С. СУДЬБА РАЗВИТИЯ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ – В РУКАХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЕЙ.

Приводится анализ путей реализации основной задачи Стратегии развития лесного комплекса России на период до 2020 года – развития глубокой переработки древесины. Приводится обоснование целесообразности

развития глубокой переработки древесины непосредственно в лесозаготовительных предприятиях. Реальными путями развития глубокой переработки определены снижение затрат на древесное сырье и энергию. Для достижения цели ставится задача реализации пилотного проекта лесозаготовительного предприятия на принципах частно-государственного партнерства в качестве примера для тиражирования.

Ключевые слова: реструктуризация лесозаготовительной промышленности, глубокая переработка древесины, энергетика на древесном топливе, пилотный проект, частно-государственное партнерство.

Sukhanov V. S. DESTINY of DEVELOPMENT of DEEP PROCESSING of WOOD - In HANDS of LUMBERERS.

The analysis of ways of realisation of the primary goal of Strategy of development of a wood complex of Russia for the period till 2020 - developments of deep processing of wood. The substantiation of expediency of development of deep processing of wood directly in a logging enterprises is resulted. Real ways of development of deep processing define decrease in expenses for wood raw materials and energy. For purpose achievement the problem of realisation of the pilot project logging enterprise on principles of the private-state partnership as an example for duplicating is put.

Key words: re-structuring logging industries, deep processing of wood, power on wood fuel, the pilot project, the private-state partnership.

Воскобойников И.В., Шевченко А.О., Щелоков В.М. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА АКТИВИРОВАННЫХ УГЛЕЙ ИЗ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ.

Дано принципиальное описание установки для переработки древесных отходов в высококачественные активные угли с использованием технологии, совмещающей в одном аппарате процессы пиролиза и парогазовой активации. Приведены технические характеристики установки и качественные показатели активных углей, получаемых с ее применением.

Ключевые слова: активированные угли, древесные отходы, пиролиз, грануляция, карбонизация, активация.

Voskoboinikov I.V., Shevchnko A.O., Shchelokov V.M. TECHNOLOGY PRODUCTION OF ACTIVATED CARBOUS FROM WOOD WASTE.

Given the fundamental description of equipment for processing wood waste into high quality activated carbons using the technology to combine in one device the processes of pyrolysis and steam activation. Specified technical characteristics of installation and qualitative indicators of activated carbons derived with its use.

Key words: activated charcoal, wood waste, destructive distillation of wood, granulation, carbonization, activation.

Панкин С.В., Иванова М.А., Щелоков В.М. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ КЛЕЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВОДОРАСТВОРИМОГО БИОКЛЕЯ ИЗ НИЗКОСОРТНОЙ ДРЕВЕСИНЫ.

Биоклей – клей природного происхождения на основе ксантана. Ксантан – наиболее известный микробный полисахарид занимает ведущие позиции как добавка, улучшающая качество самых различных продуктов и технологических операций (повышение нефтедобычи, буровые работы, повышение урожайности, строительство, медицина, пищевая, фармацевтическая, горнодобывающая, текстильная, лакокрасочная и другие области промышленности). Ксантаны можно использовать как основной компонент биоклея и как связующее. Эти полисахариды совершенно безвредны, и их используют даже в медицинской практике. Поэтому и клеевые композиции на их основе можно будет использовать без каких-либо ограничений, включая пищевую промышленность.

Ключевые слова: биоклей, ксантан, биополимер, полисахариды.

Pashkin S.V., Ivanova M.A., Shchelokov V.M. INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR MANUFACTURING ECOLOGICALLY PURE GLUED MATERIALS ON THE BASIS OF WATER-SOLUBLE BIO-GLUE USING LOW-GRADE WOOD.

Bio-glue is the glue of natural origin on the basis of xanthan. Xanthan is the most well-known microbial polysaccharide has a leading position as an additive, which improves the quality of various products and manufacturing operations (increase in oil production, drilling operations, increase productivity, construction, medicine, food, pharmaceutical, mining, textile, paint and other areas of the industry). Xanthan can be used as a main component bio-glue and as a binder. These polysaccharides are completely harmless and even used in medical practice. Therefore the adhesive compositions based on xanthan can be used without restriction, including in food industry.

Key words: bio-glue, xanthan, biopolymer, polysaccharide.

Воскобойников И.В., Кондратюк В.А., Иванова М.А., Герман Л.С., Щелоков В.М., ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНО ВОЗМОЖНЫХ ВЫХОДОВ МОТОРНЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ ИЗ БИОМАССЫ ДРЕВЕСИНЫ.

Теоретическое обоснование требований к технологическим решениям, принимаемым для создания экономически целесообразной комплексной установки получения из биомассы древесины моторных углеводородных топлив, отвечающих стандартам Евро -3, -4 и т.д.

Ключевые слова: биомасса древесины, моторные углеводородные топлива, пиролиз, сверхкритические технологии.

Voskoboinikov I.V., Kondratyuk V.A., Ivanova M.A., German L.S., Chelokov V.M. THEORETICAL SUBSTANTIATION OF MAXIMUM POSSIBLE YIELD MOTOR HYDROCARBON FUELS FROM BIOMASS WOOD.

Theoretical background requirements for the decisions made to create an economically viable integrated plant for biomass wood motor hydrocarbon fuels that meet Euro-3, -4, etc.

Key words: biomass wood, motor hydrocarbon fuels, pyrolysis, supercritical technology.

Медведев И.Н., Шамаев В.А., Юдин Р.В., Манаев В.А., Воскобойников И.В. УНИВЕРСАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОПИТКИ ДРЕВЕСИНЫ.

В статье описывается устройство установок и технология сквозной пропитки древесины сосны и, частично, ели. Оптимизация режимов пропитки позволяет пропитывать труднопропитываемые породы древесины. Разработанный способ пропитки и устройство сквозной пропитки сырой древесины хвойных пород может быть рекомендовано для антисептирования сосновых заготовок для шпал и столбов ЛЭП.

Ключевые слова: пропитка древесины, установка для пропитки, технология пропитки, режимы, труднопропитываемые породы.

Medvedev I.N., Shamaev V.A., Yudin R.V., Manaev V.A., Voskoboinikov I.V. UNIVERSAL IMPREGNATION PLANT.

The paper describes the design of the facility and technology through the impregnation of pine wood and partially fir. The optimization of penetration methods made possible treating the most refractory to steeping sorts of wood. Developed impregnation method and a device through wet impregnation of wood can be recommended for antiseptic pine blanks for railway sleepers and poles power lines.

Key words: Impregnation of wood, impregnation, impregnation technology, modes, hard impregnated breed.

Шамаев В.А., Воскобойников И.В., Щелоков В.М. РЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ПОПЕРЕК ВОЛОКОН.

Установлено, что жесткость древесины снижается за счет пластификации карбамидом. Полученные количественные значения реологических коэффициентов позволяют разработать реологическое уравнение уплотнения древесины до плотности древесинного вещества.

Ключевые слова: древесина, пластификация, деформация, карбамид.

Shamaev V.A., Voskoboynikov I.V., Shchelokov V.M. THE RHEOLOGICAL ASPECTS OF THE WOOD PRESSING PROCESS ACROSS FIBRES.

It is established that rigidity of wood decreases for the account plasticization by a carbamide. The received quantitative values of rheological factors allow to develop the rheological equation of consolidation of wood to density of woody substance.

Key words: wood, plasticization, deformation, carbamide.

Кондратюк В.А., Косарев В.А. О ЗАДАЧАХ И ПУТЯХ РАЗВИТИЯ ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ В РОССИИ.

В статье рассмотрены технологии деревянного домостроения, разработана их классификация, приведены варианты и отличительные особенности различных технологий. Обращается внимание на факторы, определяющие конкурентоспособность конкретных технологий и типов деревянных домов. Определены некоторые задачи в дальнейшей работе по разработке и совершенствованию технологий деревянного домостроения в России.

Ключевые слова: домостроение, технология, производство, строительство, бревно, брус, панель, каркас, модульное здание.

Kondratyuk V.A., Kosarev V.A. SOME PROBLEMS AND WAYS OF WOODEN HOUSING CONSTRUCTION IN RUSSIA.

In the article the wooden construction technology, developed a classification they are given the options and features of different technologies. Obra-ical attention to the factors determining the competitiveness of specific technologies and types of wooden houses. Identified some problems in the further work on the Elaboration of technology and improvement of wooden housing construction in Russia.

Key words: House-building, technology, manufacturing, construction, timber, lumber, panel, frame, modular building.

Кондратюк В.А., Шамаев В.А., Щелоков В.М., Воскобойников И.В. ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА СВЧ СУШКИ И ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТАНОВКИ СУШКИ БРЕВЕН И БРУСА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ДОМОСТРОЕНИЯ.

Для быстрой и качественной сушки бревен для деревянного домостроения разработан способ сушки пиломатериалов с применением СВЧ. Предлагается новая установка СВЧ сушки бревен и бруса для целей домостроения.

Ключевые слова: СВЧ, сушка пиломатериалов, домостроение.

Kondratyuk V.A., Shamaev V.A., Shchelokov V.M., Voskoboynikov I.V. JUSTIFICATION FOR MICROWAVE DRYING METHOD AND MAIN CHARACTERISTICS OF THE EQUIPMENT TO DRY BEAM AND LOG FOR HOUSING CONSTRUCTION.

This method of using microwave has been developed for fast and high-quality drying of timber for wooden construction. Introduced the new installation of microwave for drying of logs and beams for housing construction.

Key words: microwave, converted timber drying, building construction.

Кравцов Е.В. ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗМЕРНО-КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕРЕЗОВЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ.

В статье определены основные факторы, определяющие качество древесины. Определены первостепенные сортообразующие пороки пиломатериалов и заготовок. Проанализированы проводимые в разное время научные работы как исследовательскими институтами, так и отдельными учеными. Приведены результаты экспериментальных работ по определению объемного выхода заготовок из необрезных березовых пиломатериалов. По результатам работ построены графики распределений сучков по диаметрам и бессучковых отрезков свободной длины в исследуемой партии пиломатериалов.

Ключевые слова: пиломатериалы, стандарт, бревно, качество, пороки древесины, столярно-строительные изделия.

Kravtsov E.V. STUDY OF SIZE-QUALITY FEATURES BIRCH TIMBER.

In the article identifies the key factors determining the quality of the wood. Identified the primary generators of Variety faults lumber and blanks. Analyzes conducted at different times of work as a scientific research institutes and individual scientists. The results of experimental studies to determine the volumetric output of the pieces are not square edged lumber birch. According to the results of the graphs of distributions of knots by diameter and length of free segments knot-free lumber to the party under investigation.

Key words: timber, standard, log, the quality, defects of wood, joiner's and construction products.

Кравцов Е.В. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕЛЬНОМАССИВНОЙ ДОСКИ ПОЛА ИЗ НИЗКОСОРТНОЙ ДРЕВЕСИНЫ.

В статье определены основные задачи рационального использования лесосырьевых ресурсов, стоящие перед лесозаготовительными предприятиями, решение которых позволит организовать технологии, обеспечивающие глубокую переработку низкосортной древесины. Приведен практический пример технологического решения в организации производства столярно-строительных изделий (цельномассивной доски пола, черновой мебельной заготовки, заготовок для столярных щитов).

Ключевые слова: технология, производство, цельномассивная доска пола, древесина, оборудование, заготовка, лесопиление, деревообработка.

Kravtsov E.V. THE PRODUCTION TECHNOLOGY WHOLLY THE MASSIVE BOARD OF THE FLOOR FROM LOW-GRADE WOOD.

In the article identifies the main problems of rational use of forest resources, facing the logging companies, a decision which will organize the technologies that enable advanced processing of low-grade wood. We give a practical example of technological solutions in the organization of production of joinery products (whole solid wood floor, rough furniture blanks, blanks for joinery boards).

Key words: technology, manufacturing, wholly a massive board of a floor, wood, machinery, logging, sawmilling, woodworking.

Кондратюк В.А., Воскобойников И.В., Щелоков В.М., Петров В.Н. МОДИФИЦИРОВАННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ БРУС.

Исследована и разработана технология получения модифицированного строительного бруса. Строительный брус из модифицированной древесины является прочным деревометаллическим материалом с заранее заданными формами и прочностными показателями. Может применяться в особо ответственных и напряженных узлах строительных конструкций. Модифицированный строительный брус предназначен для использования в строительной отрасли в качестве несущих опор и колонн для деревянного домостроения.

Ключевые слова: модифицированный строительный брус, технология.

Kondratyuk V.A., Voskoboynikov I.V., Shcholokov V.M., Petrov V.N. MODIFIED CONSTRUCTION BEAM.

Researched and developed technology for producing the modified structural timber. Lumber from a modified wood is a strong and durable wood-metallic material with a predetermined shape and strength characteristics. Can be used in a particularly critical and tense constructions sites. Modified lumber intended for use in building industryas the pillars and columns for a wooden house.

Key words: modified construction beam, technology.

Кондратюк В.А., Клинов М.Ю., Константинова С.А., Воскобойников И.В. БИОМАССА ДРЕВЕСИНЫ – ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЙ ИСТОЧНИК НОВЫХ ПРИРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ.

Целлюлоза – один из самых распространенных природных материалов на земле. Структура природных волокон целлюлозы такова, что позволяет получать на ее основе различные виды наноразмерной целлюлозы, называемой нанокристаллической целлюлозой (НКЦ) или наофибриллированной целлюлозой (НФЦ). НКЦ имеет типичную палочкообразную форму (вискеры) 1-100 нм в диаметре и несколько сотен нанометров в длину. Она имеет высокую механическую прочность и высокие значения модуля Юнга, поэтому может быть использована как армирующий компонент для улучшения механических и защитных свойств различного вида био-нанокompозитов.

Ключевые слова: нанокристаллическая целлюлоза (НКЦ), наофибриллированная целлюлоза (НФЦ), нанокристаллы целлюлозы, целлюлозные вискеры, био-нанокompозиты.

Kondratyuk V.A., Klinov M.Yu., Konstantinova S.A., Voskoboynikov I.V. WOOD BIOMASS IS A RENEWABLE SOURCE OF NEW NATURAL NANOMATERIALS.

Cellulose is the most abundant biomass material in nature. Extracted from natural fibers, its hierarchical and multilevel organization allows different kinds of nanoscaled cellulosic fillers – called nanocrystalline cellulose (NCC) or nanofibrillated cellulose (NFC) to be obtained. NCC is a typically a rigid rod-shaped monocrystalline domain (whisker) with 1-100 nm in diameter and a few hundred of nanometers in length. It has very high mechanical strength and Young's modulus therefore can be used for many application as a reinforcing agent to improve mechanical and barrier properties of bio-nanocomposites.

Key words: nanocrystalline cellulose (NCC), nanofibrillated cellulose (NFC), cellulose nanocrystals, cellulose whiskers, bio-nanocomposites.

Никулина Н.С., Шамаев В.А., Константинова С.А., Медведев И.Н. ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПРОЦЕССАХ СКЛЕИВАНИЯ И МОДИФИЦИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ.

Показана возможность применения наноцеллюлозы в процессах склеивания и модифицирования древесины. Установлено, что степень прессования может быть снижена с 40 до 20% при использовании добавки наноцеллюлозы. Установлено, что прочность клеевого соединения с добавкой наноцеллюлозы приближается к прочности самой модифицированной древесины.

Ключевые слова: древесина, наноцеллюлоза, пропитка, склеивания, прочность.

Nikulina N.S., Shamayev V.A., Konstantinova S.A., Medvedev I.N. APPLICATION NANOTSELLULOZY PROCESS STICKING DURING AND MODIFICATION OF WOOD.

The possibility of using nanotsellyulozy sticking processes and the modification of wood. The degree of compaction can be reduced from 40 to 20% when using additives nanotsellyulozy. It is established that the strength of adhesive sticking with the addition of nanotsellyulozy are very close to the strength of the modified wood.

Key words: wood, nanotsellyuloza, impregnating, bonding, strength.

Воскобойников И.В., Кондратюк В.А., Никольский С.Н., Константинова С.А., Коротков А.Н. ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОГЕЛЕЙ НАНОЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПРИ ФОРМОВАНИИ БУМАГИ И КАРТОНА ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ВОЛОКНИСТОГО СЫРЬЯ.

В настоящей работе рассмотрены наиболее важные технологические аспекты применения гидрогелей наноцеллюлозы в мокрой части бумагоделательных и картоноделательных машин.

Эксперименты, выполненные с использованием различных видов волокнистых полуфабрикатов, позволили установить, что добавка гидрогелей наноцеллюлозы в композицию бумажной массы приводит к существенному улучшению формования бумажного полотна и повышению качества конечной продукции – бумаги и картона. Так, при расходах гидрогелей наноцеллюлозы на уровне 5–7 кг/т а.с.ц., снижается степень помола волокнистой суспензии, возрастает степень удержания мелкого волокна и минерального наполнителя в сеточной части машины. Отмеченная закономерность распространяется на весь спектр волокнистых полуфабрикатов, применяемых для производства массовых видов бумаги и картона, от первичных материалов (беленая целлюлоза из хвойных и лиственных пород древесины, полуцеллюлоза) до макулатуры (вторичное волокно).

Ключевые слова: наноцеллюлоза, нанокompозиты, волокнистое сырье, древесно-слоистые пластики.

Voskoboynikov I.V., Kondratyuk V.A., Nikolskiy S.N., Konstantinova S.A., Korotkov A.N. APPLICATION FOR HYDROGELS NANOCELLULOZE PAPER AND CARDBOARD FORMING OF DIFFERENT TYPES OF FIBROUS RAW MATERIALS.

In this paper we consider the most important technological aspects of the use of hydrogels nanotsellyulozy at the wet end paper and board machines.

Experiments performed using different types of fiber semi-established that the addition of hydrogels nanotsellyulozy in the composition of pulp leads to significant improvement in forming the paper web and improve the quality of final products - paper and cardboard. Thus, at a cost of hydrogels nanotsellyulozy at 5 - 7 kg / m a.s.ts., reduced the degree of grinding of fibrous suspensions, increases the degree of retention of fine fibers and mineral filler in the mesh of the machine. The observed pattern extends over the whole range of semi-finished fiber used for the production of abundant species of paper and cardboard - from virgin materials (bleached pulp from softwood and hardwood, semi-chemical) to the waste paper (secondary fiber).

Key words: nanocellulose, nanocomposites, fiber raw materials, wood laminates.

Константинова С.А., Щелоков В.М., Воскобойников И.В. ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩЕГО ПОЛИМЕРНОГО СУПЕРКОНЦЕНТРАТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.

Разработаны рецептурные составы целлюлозосодержащих полимерных суперконцентратов, предназначенные для производства древесно-полимерных композиционных материалов и изделий на их основе общетехнического и инженерно-технического назначений.

Ключевые слова: древесно-полимерные композиционные материалы, суперконцентрат, гранулы, экструзия, механические свойства.

Konstantinova S.A., Shchelokov V.M., Voskoboynikov I.V. MASTERBATCHES DEVELOPMENT FOR MANUFACTURE OF WOOD-PLASTIC COMPOSITES.

Compounding formula cellulose polymeric masterbatches for the production of wood-plastic composite materials destined for general technical and engineering assignments have been developed.

Key words: wood plastic composites, masterbatch, granules, extrusion, mechanical properties.

Воскобойников И.В., Кондратюк В.А., Константинова С.А., Коротков А.Н. ПОЛУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИЙ.

Была исследована возможность повышения механических характеристик древесно-слоистых пластиков путем введения в состав связующего НКЦ. Введение в клеевой состав нанокристаллической целлюлозы приводит к повышению на 10–15 % модуля упругости и прочности при изгибе при продольном направлении волокон древесины.

Ключевые слова: пластик, клей, целлюлоза.

Voskoboynikov I.V., Kondratyuk V.A., Konstantinova S.A., Korotkov A.N. RECEIVING BIOLOGICALLY ACTIVE NANODIMENSIONAL DERIVATIVES OF CELLULOSE AND THEIR APPLICATION FOR MODIFYING OF COMPOSITIONS CONTAINING CELLULOSE.

Possibility of increase of mechanical characteristics of wood and layered plastics was investigated by a way of introduction to structure of binding NKTs. Introduction in glutinous composition of nanocrystal cellulose leads to increase for 10–15 % of the module of elasticity and durability at a bend at the longitudinal direction of fibers of wood.

Key words: plastic, glue, cellulose.

Доценко Г.С., Чекушина А.В., Кондратьева Е.Г., Правильников А.Г., Андрианов Р.М., Осипов Д.О., Синицына О.А., Короткова О.Г., Степанов В.И., Новожилов Е.В., Ачильдиев Е.Р., Константинова С.А., Синицын А.П. РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ФЕРМЕНТАТИВНОМ ГИДРОЛИЗЕ.

Определена реакционная способность 52 целлюлозосодержащих материалов – различных промышленных и сельскохозяйственных отходов (как необработанных, так и прошедших предварительную обработку) при гидролизе целлюлазными препаратами *Penicillium verruculosum* B151 и *P.verruculosum* F10. Выявлены целлюлозосодержащие материалы, обладающие наиболее высокой степенью конверсии при исчерпывающем гидролизе.

Ключевые слова: целлюлозосодержащие материалы, целлюлазы, ферментативное осахаривание, биотопливо.

Dotsenko G.S., Chekushina A.V., Kondratieva E.G., Pravilnikov A.G., Andrianov R.M., Osipov D.O., Sinitsyna O.A., Korotkova O.G., Stepanov V.I., Novogilov E.V., Achyldiev E.R., Konstantinova S.A., Sinitsyn A.P. REACTIVITY OF DIFFERENT CELLULOSIC MATERIALS IN ENZYMATIC HYDROLYSIS.

The reactivity of 52 cellulosic materials – different industrial and agricultural wastes (native and pretreated) in hydrolysis with cellulolytic preparations *Penicillium verruculosum* B151 and *P.verruculosum* F10 was determined. Materials which possess the highest degree of conversion in exhausted hydrolysis were selected.

Key words: cellulosic materials, cellulases, enzymatic saccharification, biofuel.

Кондратюк В.А., Воскобойников И.В., Константинова С.А., Коротков А.Н. ГЛУБОКАЯ БИОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ЛЕСОСЫРЬЕВЫХ БИОРЕСУРСОВ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ПРИРОДНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ.

Рассмотрен процесс получения целлюлозных наносфер с целью получения нового биodeградируемого наполнителя для композиционных материалов. Исследованы свойства исходного сырья и полученных дисперсий целлюлозных наносфер. Установлено, что характерной для целлюлозных наносфер структурной модификацией являются целлюлоза II, а их размер в значительной степени зависит от исходного целлюлозосодержащего прекурсора.

Ключевые слова: целлюлозные наносферы, реология, целлюлоза II.

Kondratyuk V.A., Voskoboynikov I.V., Konstantinova S.A., Korotkov A.N. DEEP BIOCHEMICAL PROCESSING OF WOOD RAW BIORESOURCES IN ENVIRONMENTALLY FRIENDLY NATURAL NANOMATERIALS.

Process of cellulose nanoballs materials as a new biodegraded fillers for composite materials has been considered. Properties of initial raw materials and the received cellulose nanoballs dispersions has been investigated. It has been

established that cellulose nanoballs particles are structural modification cellulose - cellulose II, and their size substantially depends from initial cellulose raw material.

Key words: cellulose nanoballs, a rheology, cellulose II.

Кондратюк В.А., Петров В.Н., Воскобойников И.В. ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ШПАЛ.

Исследование и разработка технологии и оборудования для производства композиционных железнодорожных шпал широкой колеи. Компоненты литой шпалы – из отходов лесопиления, деревообработки и из старых автомобильных и тракторных покрышек. Проведены работы по поиску и разработке составов композитных материалов, обеспечивающих высокую прочность и износоустойчивость изделий; изготовлен экспериментальный стенд для получения композитных материалов; разработана программа и методика получения экспериментальных образцов материалов, получены опытные образцы композиционных материалов, проведены лабораторные испытания полученных образцов композиционных материалов на установление их механической прочности.

Ключевые слова: железнодорожные шпалы, композиционные материалы.

Kondratyuk V.A., Petrov V.N., Voskoboynikov I.V. RESEARCH AND TECHNOLOGY DEVELOPMENT OF COMPOSITE RAILWAY SLEEPERS.

Research and development of technology and equipment for the production of composite railway broad gauge sleepers. Components molded sleepers made from wood waste from old car and tractor tyres. Carried out research and development of composite materials formulations, providing high strength and durability of products; manufactured experimental facility for production of composite materials; developed the program and methodology for the experimental samples of materials; received prototypes of composite materials; conducted laboratory tests of the samples of composite materials in determining their mechanical strength.

Key words: railway sleepers, composite materials.

Воскобойников И.В., Кондратюк В.А., Щелоков В.М., Константинова С.А., Поляков М.Н. РАЗРАБОТКА БАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.

Исследование и разработка технологических процессов организации производства древесно-полимерных и композиционных материалов и областей их возможного потребления. Получение нанокристаллов из сырья растительного происхождения (древесного сырья) и на их основе новых композиционных материалов. Реализация новых технологических направлений не потребует перестройки основных производств по изготовлению композиционных материалов. Факторы для развития производства древесно-полимерных композиционных материалов. Сфера применения древесно-полимерных композиционных материалов – строительный комплекс, домостроение, машиностроение, производство всех видов мебели и товаров потребительского спроса.

Ключевые слова: экструзионная линия, древесно-композитные материалы, древесно-полимерный гранулят, террасная доска, древесная мука.

Voskoboynikov I.V., Kondratyuk V.A., Shchelokov V.M., Konstantinova S.A., Polyakov M.N. DEVELOPMENT OF THE BASIC PROCESS FOR PRODUCING WOOD-POLYMER COMPOSITES.

Research and development of the process of production organizing for wood-polymer composite materials and their possible areas of consumption. Production of nanocrystals from the raw material of plant origin (raw wood) and on the basis of new composite materials. The implementation of new technological areas will not require restructuring of key industries for the production of composite materials. Factors for the development of the production of wood-polymer composite materials. Scope of the wood-polymer composite materials: construction industry, building construction, engineering, manufacturing all kinds of furniture and consumer goods.

Key words: extrusion line, wood-composite materials, wood-polymer granules, decking board, wood flour.

Воскобойников И.В., Болдуев В.С., Щелоков В.М., Поляков М.Н. РАЗРАБОТКА НОВОГО СПОСОБА И ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА.

Предлагается новый способ изготовления композиционного материала с повышенными физико-механическими свойствами с помощью модификации древесной массы и полимера. Предложен способ решения проблемы совместимости различных несовместимых компонентов древесно-полимерной композиции методом модификации компонентов древесно-полимерной композиции.

Ключевые слова: древесный полимер, композиционный материал, модификация, совместимость компонентов.

Voskoboynikov I.V., Bolduev V.S., Shchelokov V.M., Polyakov M.N. DEVELOPMENT OF A NEW METHOD AND TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF WOOD-POLYMER COMPOSITE MATERIAL.

Proposed the new method of manufacturing a composite material with improved physical and mechanical properties by modifying the pulp and polymer. This method for solving the problem of interoperability between different disparate components of wood-polymer composition by modifying the components of wood-polymer composition.

Key words: wood polymer, composite material, modification, the compatibility of components.

Кондратюк В.А., Кожемяко Н.П. РАЗВИТИЕ БИОТОПЛИВНОГО РЫНКА.

Рассмотрено состояние развития лесной биоэнергетики в Российской Федерации. Определены предпосылки развития биоэнергетики в России. Выявлены факторы, сдерживающие развитие лесной биоэнергетики. Проведен анализ структуры биоэнергетики лесопромышленного комплекса России и оценка перспективных технологий. Предложены мероприятия по стимулированию развития лесной биоэнергетики в Российской Федерации.

Ключевые слова: лесная биоэнергетика, развитие лесной биоэнергетики, направления стимулирования развития биоэнергетики.

Kondratyuk V.A., Kozhemiako N.P. DEVELOPMENT OF BIOFUEL MARKETS.

The state of development of wood bio-energetics in the Russian Federation is considered. The preconditions for development of bio-energetics in Russia are defined. The factors constraining development of wood bio-energetics are revealed. The analysis of structure bio-energetics of a timber industry complex of Russia and an evaluation of emerging technologies is carried out. The procedures for stimulation of development of wood bio-energetics in the Russian Federation are offered.

Keywords: Wood bio-energetics, development of wood bio-energetics, The procedures for stimulation of development of wood bio-energetics.

Левин А.Б. БИОЭНЕРГЕТИКА – ВАЖНЕЙШЕЕ СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ.

Рассмотрен баланс потребления тепловой и электрической энергии лесным комплексом России и энергетический потенциал древесных отходов, образующихся при заготовке и переработке леса. Потенциал древесной биомассы оценен величиной 474 ПДж, потребление теплоты 235 ПДж, потребление электроэнергии 174 ПДж. Показано, что лесной комплекс может быть полностью обеспечен тепловой и электрической энергией, произведенной с использованием отходов собственного производства.

Ключевые слова: лесной комплекс, энергопотребление, возобновляемые источники энергии (ВИЭ).

Levin A.B. BIOENERGY – IMPORTANT MEANS OF INCREASING ENERGY EFFICIENCY OF FOREST COMPLEX OF RUSSIA.

We consider the balance of heat and electrical energy consumption forest complex of Russia and the energy potential of wood residues generated during logging and timber processing. The energy potential of woody biomass estimated value of 474 PJ, of heat consumption 235 PJ, of consumption of electricity 174 PJ. It is shown that forest complex can be fully provided with thermal and electrical energy produced using waste of own technology.

Key words: forestry, energy consumption, renewable energy sources (res).

Кондратюк В.А., Кожемяко Н.П., Кондратюк А.В. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ.

Рассмотрено состояние развития лесного сектора экономики Российской Федерации. Проведен анализ производства, экспорта, импорта основных видов лесобумажной продукции. Проведен анализ реализации приоритетных инвестиционных проектов в области освоения лесов. Выявлены факторы, сдерживающие развитие лесного комплекса России. Предложены мероприятия по стимулированию развития лесного комплекса России.

Ключевые слова: лесной сектор, развитие лесного комплекса, приоритетные инвестиционные проекты.

Kondratyuk V.A., Kozhemiako N.P., Kondratyuk A.V. CURRENT STATUS OF THE FOREST COMPLEX OF RUSSIA.

The state of the forest sector of the Russian economy. The analysis of the production, export, import, core paper products. The analysis of the implementation of priority investment projects in the area of forest. The factors constraining the development of Russian forest sector. The measures to stimulate the development of the forest sector of Russia.

Key words: forest sector, forest sector development, priority investment projects.

Кондратюк В.А., Кожемяко Н.П., Кондратюк А.В. МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД ОЦЕНКИ ИНТЕРЕСОВ СУБЪЕКТОВ ЛЕСНЫХ ОТНОШЕНИЙ.

В статье представлена классификация интересов субъектов лесных отношений. Обоснованы интересы государства и лесного бизнеса. Разработан методический подход оценки интересов субъектов лесных отношений. Предложены математические модели расчета экономического, социального и экологического интереса участников лесных отношений.

Ключевые слова: лесной сектор, субъект лесных отношений, интересы субъекта лесных отношений.

Kondratyuk V.A., Kozhemiako N.P., Kondratyuk A.V. SYSTEMATIC APPROACH EVALUATION OF INTEREST ENTITIES FORESTRY.

The paper presents the classification of interests of forest relations. Legitimate interest of the state and forestry business. Methodical approaches assess the interests of the subjects of forest relations. The mathematical model for calculating the economic, social and environmental interests of the participants of forest relations.

Key words: forest sector, forest relations interests of the subject of forest relations.

Саханов В.В., Кондратюк В.А., ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЕ В КОНТЕКСТЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЛЕСНОЙ ПОЛИТИКИ.

В статье рассмотрены вопросы государственного регулирования лесопользования как одного из важнейших инструментов повышения эффективности деятельности лесного сектора экономики Российской Федерации.

Ключевые слова: лесопользование, лесное хозяйство, государственная поддержка, национальная лесная политика.

Sakhanov V.V., Kondratuk V.A. FOREST MEFNAGEMENT IN THE CONTEXT OF NATIONAL FOREST POLICY.

The article deals with the problems of state regulation of forest management as one of the most improve performance of the forest sector of the economy of the Russian Federation.

Key words: forest management, forestry, state support, national forest policy.

Кожемяко Н.П., Кондратюк А.В. ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.

В статье изложены методологические основы управления стратегическим развитием лесного комплекса. Предложена система инструментов управления стратегическим развитием лесного комплекса. В рамках каждого блока разработан набор инструментов.

Ключевые слова: стратегическое развитие, управление, инструмента, лесной комплекс.

Kozhemiako N.P., Kondratyuk A.V. STRATEGIC MANAGEMENT TOOLS FORESTRY DEVELOPMENT RUSSIA.

The article describes the methodological framework of strategic development of the forest sector. The system of management tools, strategic development of the forest sector. Within each block, a set of tools.

Key words: strategic development, management, tools, timber industry.

Кондратюк А.В., Коньшакова С.А., Кузнецов С.Г. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИНТЕРЕСЫ УЧАСТНИКОВ ЛЕСНОГО СЕКТОРА РОССИИ.

В статье рассмотрены вопросы формирования экономических интересов участников лесного бизнеса в России. Представлен генезис научных определений понятий интересов. Выделена иерархическая структура реализации интересов групп участников лесного сектора России, представлены проблемы в согласовании интересов крупного бизнеса в отрасли, интересов власти, мелкого и среднего бизнеса.

Ключевые слова: лесной сектор, экономический интерес, государственное управление лесами, крупный лесопромышленный бизнес, согласование интересов.

Kondratyuk A.V., Konshakova S.A., Kuznetsov S.G. THE ECONOMIC INTERESTS OF PARTICIPANTS OF THE FORESTRY SECTOR OF RUSSIA.

In the article the problems of formation of economic interests of participants of the forestry business in Russia. Presented to the Genesis of scientific definitions of the concepts of interest. Highlighted the hierarchical structure of realization of interests of groups of actors in the forest sector of Russia, presented the problems of the coordination of interests of big business in the industry, the interests of the authorities, small and medium business.

Key words: the forest sector, the economic interest, the state forest management, a large timber industry business, harmonization of the interests.

Кожухов Н.И., Кондратюк В.А., Ларина Н.В. ИНФРАСТРУКТУРНЫЙ КЛАСТЕР ВЕРТИКАЛЬНО И ГОРИЗОНТАЛЬНО ИНТЕГРИРОВАННЫХ КОРПОРАЦИЙ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА.

В статье показана принципиальная схема формирования и развития инфрасистемы, обеспечивающая эффективную деятельность вертикальных и горизонтальных интегрированных бизнес-структур регионального лесопромышленного комплекса. Выделены такие комплексы инфраструктурных отраслей, как производственный, социальный, рыночный и информационно-коммуникационный.

Ключевые слова: инфрасистема, инфраструктура, кластер, лесопромышленный комплекс, бизнес-структура, корпорация.

Kozhuhov N.I., Kondratyuk V.A., Larina N.V. INFRASTRUCTURE CLUSTER vertically and horizontally integrated CORPORATIONS FORESTRY COMPLEX.

The article shows a schematic diagram of the formation and development infrasistemy providing efficient operation of vertical and horizontal integrated business structure of the regional forestry complex. Isolated complexes of infrastructure industries, such as: industrial, social, market and information-communication.

Key words: infrasistema, infrastructure, cluster, timber industry, business structure, the corporation.

Кондратюк В.А., Ситнова К.А., Фиофанов В.С. РОЛЬ КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА.

Рассмотрено состояние инновационной среды в сфере лесопромышленного комплекса. Определена роль конгрессно-выставочных мероприятий в продвижении новых технологических решений в производство. Прове-

ден анализ современного состояния составляющих элементов организационного обеспечения инновационного развития отрасли. Определена роль конгрессных и выставочных мероприятий в создании информационного поля об отечественных и зарубежных научно-технических достижениях и в обновлении и модернизации на их базе действующих производств и выпускаемой продукции.

Ключевые слова: инновационная деятельность, выставки, конгрессные мероприятия.

Kondratyuk V.A., Sitnova K.A., Fiofanov V.S. THE ROLE OF CONGRESSES AND EXHIBITIONS IN INNOVATIVE DEVELOPMENT OF FOREST INDUSTRY.

The state of innovative situation in the field of forest industry complex was studied. The role of congresses and exhibitions for introduction of new technological decisions was defined. Presented the analysis of current stage of different components of organizational support for innovative development of forest industry. Defined the role of congress and exhibition events in the creation of an information field for domestic and foreign scientific and technical achievements in modernization on this basis of working enterprises and their production.

Key words: innovative activity, exhibitions, kongressny actions.

Стяжкин В.П., Кондратюк В.А. ЗАВИСИМОСТЬ СБЕГА КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ОТ ИХ РАЗМЕРНЫХ ПАРАМЕТРОВ.

Существенно уточнено представление о форме зависимости сбега от диаметра бревен: эта связь выражается параболической кривой, а не прямой линией. Приведены уравнения регрессии сбега бревен по древесным породам и по некоторым регионам.

Ключевые слова: круглые лесоматериалы, сбега бревна, уравнения регрессии.

Styazhkin V.P., Kondratyuk V.A. DEPENDENCE OF THE TAPER OF ROUND TIMBER FROM THEIR DIMENSIONAL PARAMETERS.

Substantially more precise understanding of taper shape depending on the diameter of the logs: this relationship is expressed by a parabolic curve, rather than a straight line. You can find certain formula of taper regression for some kinds of tree species, in different regions.

Key words: round timber, taper logs, the regression formula.

Стяжкин В.П., Кондратюк В.А. НОВЫЙ ГОСТ Р 54365-2011 «ЛЕСОМАТЕРИАЛЫ КРУГЛЫЕ. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЕМА ПО ВЕРХНЕМУ ДИАМЕТРУ И СБЕГУ».

Представлены результаты исследований при разработке ГОСТ Р «Лесоматериалы круглые. Метод измерения объема по верхнему диаметру и сбегу». Существенно уточнено представление о форме зависимости сбега от диаметра бревен: эта связь выражается параболической кривой, а не прямой линией. Приведены уравнения регрессии сбега бревен по древесным породам и по некоторым регионам.

Ключевые слова: круглые лесоматериалы, учет, сбега бревна, методика, уравнения регрессии.

Styazhkin V.P., Kondratyuk V.A. NEW ACCOUNTING STANDART OF ROUND TIMBER ACCORDING TO TOP DIAMETER AND TAPER.

The results of studies in the development of State Standard (GOST R) "Round timber. The method of measuring the volume of the top diameter and taper". Substantially more precise understanding of taper shape depending on the diameter of the logs: this relationship is expressed by a parabolic curve, rather than a straight line. You can find certain formula of taper regression for some kinds of tree species, in different regions.

Key words: round timber, scaling, taper logs, measurement procedure, the regression formula.