

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С.М. КИРОВА**

**МАТЕРИАЛЫ ВТОРОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

ЛЕСА РОССИИ:

ПОЛИТИКА, ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ

ТОМ 3

24-26 мая 2017

Санкт-Петербург

Ответственные редакторы:

кандидат биологических наук, доцент Н.П. Адонина
доктор географических наук, профессор А.С. Алексеев
кандидат технических наук, доцент В.М. Гедьо
доктор сельскохозяйственных наук, профессор А.В. Жигунов
кандидат биологических наук, доцент Е.А. Капица
кандидат сельскохозяйственных наук, профессор И.А. Мельничук
кандидат биологических наук, доцент Д.Л. Мусолин
доктор экономических наук, профессор В.Н. Петров
доктор технических наук, профессор В.И. Рощин
доктор технических наук, профессор Э.О. Салминен
кандидат экономических наук, доцент С.В. Терещенко
доктор технических наук, профессор А.Н. Чубинский

Технический редактор:

ведущий специалист МЦЛХП М.А. Чубинский

Леса России: политика, промышленность, наука, образование / материалы второй международной научно-технической конференции. Том 3 / Под. ред. В.М. Гедьо. – СПб.: СПбГЛТУ, 2017. – 225 с.

В сборник включены материалы международной научно-технической конференции «Леса России: политика, промышленность, наука, образование», на которой обсуждались актуальные проблемы лесной политики, промышленности, науки и образования в условиях современного состояния экономики и поиск их решения

ISBN 978-5-9239-0952-4

ОГЛАВЛЕНИЕ

Секция «Инновационные разработки в области лесозаготовительного производства»

Опыт разработки и применения лесной ГИС для решения задач комплексного планирования лесозаготовок <i>Андрейчук А.В., Мороз Н.В.</i>	8
Оборудование для измельчения древесных отходов <i>Бастриков Д.В., Кацадзе В.А., Власов Ю.Н., Кучер С.В.</i>	11
Математические выражения для оценки работы измельчения коры <i>Бастриков Д.В., Кацадзе В.А., Власов Ю.Н., Кучер С.В.</i>	13
Методика идентификации и оценки риска реализации механических опасностей, формирующих производственный травматизм на предприятиях лесопромышленного комплекса <i>Бектобеков Г.В., Езикова К.А.</i>	16
Лесные модификации промышленных тракторов <i>Валяжонков В.Д., Костюк О.П.</i>	19
Классификация и основные параметры колесных трелевочных машин (скиддеров) <i>Валяжонков В.Д., Беляев М.А.</i>	21
К вопросу об оценке устойчивости гусеничного сортиментовоза <i>Войнаш С.А., Бирман А.Р., Кривоногова А.С., Соколова В.А., Марков В.А.</i>	24
Повышение долговечности деталей машин лесного комплекса после восстановления <i>Горбачева Т.И., Епифанова А.Ю., Пегов В.Ю.</i>	27
Разработка и определение параметров рабочей поверхности отжимной направляющей для узких ленточных пил <i>Дербин М.В., Дербин В.М., Серёдкина В.С., Сивков К.Е.</i>	30
Оценка радиальной деформации пневмоколеса при качении по слабонесущему грунту <i>Дмитриева М.Н., Лухминский В.А., Казаков Д.П., Кутузов Д.А.</i>	33
Физико-механические свойства слабонесущих грунтовых поверхностей <i>Дмитриева М.Н., Лухминский В.А., Казаков Д.П., Кутузов Д.А.</i>	35
Расчёт осадки штампа при вдавливании в слабонесущий грунт <i>Дмитриева М.Н., Лухминский В.А., Казаков Д.П., Кутузов Д.А.</i>	38
Учёт диапазонов расчётных гидрологических характеристик при проектировании водопропускных сооружений на лесных дорогах <i>Кондратьев А.Н., Виноградов А.Ю., Салминен Э.О.</i>	40
Энергозатраты на реализацию касательной силы лесохозяйственного машинно-тракторного агрегата в транспортном режиме <i>Спиридонов С.В., Дурманов М.Я., Михайлов О.А.</i>	43
Топливные брикеты из отходов лесопереработки <i>Чибирев О.В., Кацадзе В.А., Власов Ю.Н.</i>	46
Современное прессовое оборудование для брикетирования древесных отходов <i>Чибирев О.В., Кацадзе В.А., Власов Ю.Н., Кучер С.В.</i>	48
Секция «Основные направления развития логистики в лесопромышленном комплексе»	

К расчету дорожных одежд переходного типа лесных дорог <i>Артемьев В.В., Вальдер М.А.</i>	52
Особенности применения геоинформационных систем при создании экономической модели местности для целей проектирования лесной транспортной сети <i>Громов И.А.</i>	55
Анализ современных транспортных единиц для доставки лесоматериалов по рекам с малыми глубинами <i>Дружинина Л.Г., Калистратов А.В.</i>	57
Учет климатических факторов при проектировании элементов лесотранспортной инфраструктуры <i>Коваленко Т.В.</i>	60
Организация береговой сплотки и плотового лесосплава на базе мобильных механизированных комплексов <i>Комяков А.Н., Сорокин М.А.</i>	63
Учёт диапазонов расчётных гидрологических характеристик при проектировании водопропускных сооружений на лесных дорогах <i>Кондратьев А.Н., Виноградов А.Ю., Салминен Э.О.</i>	66
Новая технология лесозаготовок в лесозащитных и плантационных насаждениях <i>Кацадзе В.А.</i>	68
Оптимизация доставки лесоматериалов в порт <i>Левашкин В.В., Минаев А.Н.</i>	71
Обоснование технологий и параметров процессов комплексного освоения лесных ресурсов на основе логистического подхода <i>Соколов А. П., Сютёв В. С.</i>	73
Логистико-математическое моделирование транспортно-технологических операций – основное направление развития лесного комплекса <i>Салминен Э.О., Симоненков М.В., Бачериков И.В.</i>	76
Лесная транспортная инфраструктура как элемент развития транспортной инфраструктуры региона <i>Салминен Э.О.</i>	79
Применение nano-технологий для повышения долговечности транспортно-технологического оборудования в лесном комплексе <i>Э.О. Салминен, А.А. Борозна, И.П. Кобыльсков, Д.В. Пушков.</i>	81
Логистико-математическое моделирование транспортно-технологических операций – основное направление развития лесного комплекса <i>Салминен Э.О., Симоненков М.В., Бачериков И.В.</i>	84
Развитие лесной транспортной инфраструктуры в условиях внедрения интенсивной модели лесного хозяйства и лесопользования <i>Т.В. Якушева, Т.С. Антонова.</i>	87
Секция «Современные проблемы древесиноведения, обработки древесины и деревянного домостроения»	
Сравнительный анализ стандартов EN, ISO И ГОСТ, определяющих методы измерения и испытания продукции из древесных материалов <i>Батырева И.М., Юдин И.Ю.</i>	90
Актуальные вопросы разработки экспериментальной установки для пропитки капиллярно-пористых тел <i>Бирман А.Р., Белоногова Н.А., Кривоногова А.С., Соколова В.А., Нгуен Ван Тоан.</i>	93
Рациональное использование отходов лесопиления древесины ценных лиственных пород <i>Воякин А.С., Скуратов Н.В.</i>	95
Влияние угла наклона ориентированных стружечных плит в обшивке крыши на их деформированное состояние <i>Гаврилов Т. А., Колесников Г. Н.</i>	98

Совершенствование программных и технических элементов системы сортировки пиломатериалов <i>Илющенко А.В., Чубинский А.Н.</i>	101
К вопросу о смачиваемости поверхности древесины <i>Коваленко И.В., Чубинский М.А., Русаков Д.С., Барышкина М.В.</i>	103
Особенности сортировки пиломатериалов по стандартам и техническим условиям <i>Кривощёков Н.В., Рыкунин С.Н.</i>	105
Исследование стабильности формы элементов напольных покрытий из древесины берёзы при их изменении влажности <i>Куликова Н.В.</i>	108
Перспективы развития деревянного домостроения с использованием оцилиндрованных бревен <i>Кушнерев В.О., Гузюк С.П.</i>	110
Прочность на скалывание древесины ольхи серой <i>Леонтьев Л.Л.</i>	113
Анализ влияния формы абразивного зерна на эффективность процесса шлифования древесины <i>Овчарова Е.О., Сергеевичев В.В., Семенов А.В.</i>	115
Применение побочных продуктов сульфатно-целлюлозного производства для склеивания фанеры <i>Русаков Д.С.</i>	117
Износ шлифовального инструмента при обработке древесины на основе анализа работы единичного абразивного зерна <i>Семенов А.В., Сергеевичев А.В., Овчарова Е.О.</i>	120
Анализ формы режущих кромок шлифовального инструмента для обработки древесины <i>Сергеевичев А.В.</i>	123
Оптимизация эксплуатационных свойств комбинированной фанеры <i>Сергеевичев В.В., Михайлова А.Е., Гузюк С.П.</i>	126
Вопросы области применения модифицированной древесины методом глубокого уплотнения <i>Сергеевичев В.В., Кривоногова А.С., Бирман А.Р., Соколова В.А.</i>	128
Особенности исследования структуры древесины методом компьютерной нанотомографии <i>Тамби А.А., Кульков А.М., Юркова О.В.</i>	131
К вопросу о напряжениях в клеевом слое клееных брусьев <i>Федяев А.А., Чубинский А. Н., Шумякова Н., Политов А.С.</i>	133
Энергоэффективность светопрозрачных ограждающих конструкций в зависимости от геоклиматических условий региона эксплуатации <i>Федяева Н.Ю.</i>	136
Бактериальный фактор в диагностике пороков древесины <i>Черпаков В.В.</i> ...138	
Развитие производства продукции из древесины <i>Чубинский А.Н.</i>	141
Секция «Химическая переработка биомассы дерева и биоэнергетика»	
Получение графена карбонизацией отходов биотехнологической и деревообрабатывающей промышленности <i>Возняковский А.П., Крутов С.М.</i>	144
Сравнение методов определения смолистых соединений в черном щелоке <i>Гаврилова Е. А., Ведерников Д.Н., Кряжев М.А.</i>	147
Летучие вещества петролейного экстракта лишайника гипогимнии вздутой <i>Нурогутниа physodes</i> произрастающего на березе <i>Гузенко М.М., Ведерников Д.Н.</i>	148
Изучение поведения солевых катализаторов при маломодульном гидролизе растительного сырья <i>Денисенко Г. Д., Ёлкин В. А., Бобина Ю. Д.</i>	151

Возможности твердотельной спектроскопии ямр ¹³ с для изучения структуры лигнина <i>Евстигнеев Э.И., Мазур А.С., Калугина А.В., Пранович А.В. Васильев А.В.</i>	15
Новый метод изучения строения лигнина <i>Евстигнеев Э.И., Иванов А.Ю., Калугина А.В., Васильев А.В.</i>	157
Состав свободных и связанных кислот побегов лиственницы сибирской в различные периоды вегетации <i>Клейнайте А.Р., Самохина А.Н., Рощин В.И.</i>	159
Пиролиз технических гидролизных лигнинов <i>Козлов И.А., Гриненко Е.В., Крутов С.М.</i>	162
Разработка типовых шаблонов малых предприятий по производству пеллет <i>Коньк О. А.</i>	165
Исследование процессов карбонизации волокон на основе гидролизного лигнина и полиакрилонитрила методом ик-спектроскопии <i>С.М. Крутов, Е.В. Ипатова, О.Ю. Деркачева Ю.Н. Сазанов, Е.М. Куликова</i>	168
Получение и исследование состава терпеноидномалеиновых аддуктов <i>Латышев И.А., А. Ю. Клюев, Е. Д. Скаковский, Н. Г.Козлов, Н. Р. Прокопчук, М.М. Огородникова</i>	170
Биоэнергетика в лесном комплексе и целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП) <i>Мандре Ю.Г., Аким Э.Л.</i>	173
Групповой состав экстрактов из мужских генеративных микростробилов и женских генеративных побегов сосны обыкновенной <i>Д.Н. Мань, В. И. Рощин</i>	175
Спирты и кислоты сложных эфиров и триглицеридов хвои лиственницы сибирской <i>Миксон Д.С., Рощин В.И.</i>	178
Бетулиновая и олеаноловая кислоты в корках берез <i>Остроухова А.С., Сметана Е.В., Ведерников Д.Н., Шемякина А.В.</i>	181
Лигно-органопластики на основе технических лигнинов: гидролизного и сульфатного лигнинов <i>Пименов С.Д., Крутов С.М., Ипатова Е.В., Юдин В.Е., Ваганов Г.В.</i>	182
Действие нитропруссиды натрия на активность каталазы, пероксидазы и накопление малонового диальдегида у растений пшеницы <i>Triticum aestivum</i> при металлиндуцированном стрессе <i>Рахматуллина С.Р.</i>	185
Разработка и применение отечественных фитобиотиков <i>Рощин В.И., Короткий В.П., Рыжов В.А., Рыжова Е.С., Баюнова Е.А.</i>	186
Инновационный продукт из низкосортной древесины <i>Рыжов В.А., Короткий В.П., Рощин В.И., Рыжова Е.С., Миксон Д.С.</i>	189
Фенольные соединения кроны лиственницы сибирской <i>Транчук Н.В., Рощин В.И.</i>	192
Жидкие продукты лесохимии: идентификация и групповой состав <i>Ханова Д.Р., Николаев В.Ф., Ильясов Р.А., Яшина А.В., Тимиргалиева А.Х., Султанова Р.Б.</i>	194
Секция «Целлюлозно-бумажная промышленность: актуальные проблемы и пути их решения»	
Целлюлозно-бумажная промышленность (ЦБП) в мире и в России <i>Аким Э.Л.</i>	198
Волокнистая суспензия из стеклянных волокон для испарительных элементов охладителей воздуха <i>Дубовой Е.В., Ковернинский И.Н.</i>	202

Оценка связи конкурентоспособности и инновационности предприятий <i>Захаренкова И.А., Иготти И.Н.</i>	205
Влияние полиалкилсиликоната натрия на поверхностное натяжение черных щелоков в производстве сульфатной целлюлозы <i>Казаков В. Г., Федорова О. В., Субботина К.О.</i>	209
Создание мелованного крафт-лайнера на основе небеленых волокнистых полуфабрикатов <i>Ю. А. Князева, Л. Г. Махотина</i>	211
Отходы переработки макулатуры и их утилизация <i>Ковалева О.П., Крылов В.Н.</i> ...	214
К вопросу подготовки инженерно-технических кадров для ЦБП России <i>Крылов В.Н., Ковалева О.П.</i>	215
Совершенствование ценообразования в ЦБП <i>Мосягин В.И.</i>	218
Особенности свойств древесины интродуцированной сосны для использования ее в ЦБП <i>Попов А.В. Казаков Я.В. Бабич Н.А.</i>	220
Исследование способов очистки газовых выбросов при производстве сульфатной целлюлозы <i>Раковская Е.Г., Занько Н.Г., Польская Д.</i>	222

Секция «Инновационные разработки в области лесозаготовительного производства»

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕСНОЙ ГИС ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КОМПЛЕКСНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЛЕСОЗАГОТОВОК

Андрейчук А.В., Aleksandr.Andreychuk@ilimgroup.ru, Мороз Н.В.,
moroz@geonavigator.net
ООО «Геонавигатор»

В статье рассмотрен опыт разработки геоинформационной системы (ГИС) предназначенной для применения в крупных лесозаготовительных предприятиях (разработчик ООО «Геонавигатор», г. Санкт-Петербург) [1].

Географические информационные системы, являются современными компьютерными технологиями, которые позволяют связать картографические геопространственные объекты с атрибутивной информацией в виде систем управления базами данных (СУБД). В настоящее время широко применим ряд современных технологий позволяющих создавать комплексные сетевые многопользовательские ГИС построенные по принципу клиент-сервер с возможностью создания приложений в различных средах программирования.

При разработке лесной ГИС в качестве базовой технологической платформы, была выбрана отечественная система «Zulu Server» (разработчик ООО «Политерм», г. Санкт-Петербург), в качестве СУБД использовано ПО «SQL Server 2010», в качестве языка программирования применен Delphi.

ГИС ZuluServer — сервер геоинформационной системы Zulu, позволяющий организовать совместную работу с файлами данных во внутреннем формате системы Zulu в локальной сети или сети Интернет. При этом сервер поддерживает выдачу данных по протоколам WMS, WFS и WTS консорциума OGC. В ГИС ZuluServer возможно применение библиотеки ActiveX компонентов, предназначенный для разработки ГИС-приложений с использованием карт Zulu в популярных средах разработки [2].

При работе над проектом по разработке лесной ГИС была применена «гибкая» методология построения приложений. В ее основе лежит гибкий, управляемый, адаптируемый к контексту проекта процесс разработки, когда учитываются конкретные условия для реализации программного обеспечения. При таком подходе создается адаптивный процесс, обеспечивающий преодоление трудностей и ограничений большинства крупных проектов разработки ПО и достижение целей, установленных концепцией проекта [3].

На Рисунке 1 представлена общая схема основных элементов и внешних объектов взаимодействия использованная при разработке лесной ГИС [4].

В своей основе ГИС содержит повыведельную электронную картографию лесоустройства, совмещенную с базой данных таксационных описаний и ряд инновационных разработок в виде программных надстроек, позволяющих системно решать задачи управления процессами лесопользования.

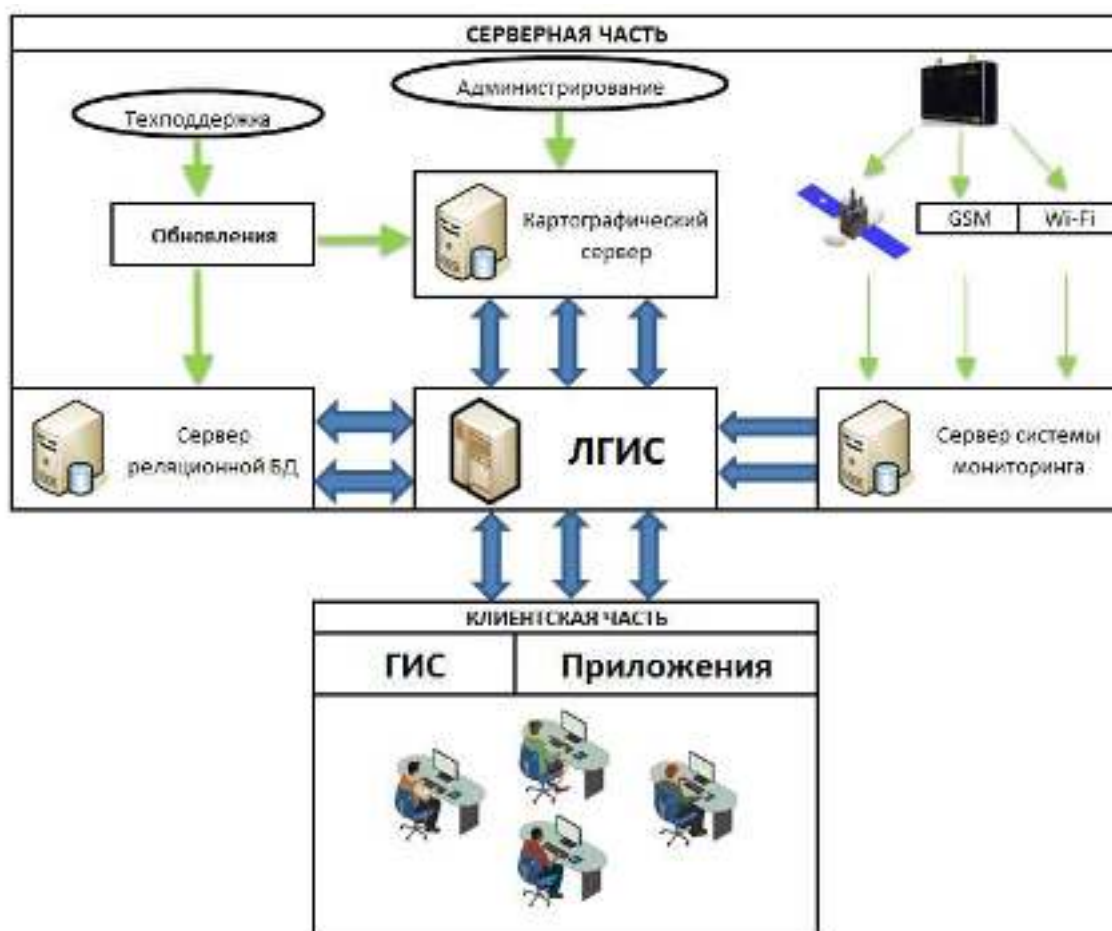


Рисунок 1. Основные элементы и внешние объекты взаимодействия лесной ГИС

Основной уклон при разработке специального программного обеспечения был сделан на создание блока бизнес планирования процесса лесозаготовки, который включает в себя функционал, позволяющий решать следующие производственные задачи:

- **Планирование размещения лесосек по годам рубки**

Программное обеспечение, позволяет производить плановый набор лесфонда в рубку на долгосрочную перспективу с учетом ограничений, определенных сроками примыкания лесосек, проектом освоения лесов и природно-производственными факторами. Для лесосек, отведенных на карте, в автоматизированном режиме рассчитываются бизнес характеристики насаждений: ликвидные запасы по породам, средние объемы хлыста, количество стволов, плановые объемы выхода пиловочника, балансов и т.д. Наборы лесфонда ведутся в соответствии с расчетом мощностей лесозаготовительных участков и годовой расчетной лесосекой определенной договорами аренды. По лесным участкам, попавшим в долгосрочный план рубки, формируются наряды-задания на полевые работы по отводу и таксации лесосек для бригад отводчиков.

- **Ввод натурно отведенных лесосек**

Разработаны программные приложения, которые дают возможность осуществлять ввод в ГИС натурно отведенных лесосек по результатам геодезической съемки и по данным импортированным из навигационного оборудования. Таксационные характеристики, полученные в результате

натурных обследований, импортируются из внешнего Excel файла в специальную форму – паспорт лесосеки. На основании данных введенных в систему в автоматизированном режиме формируется технологическая карта разработки лесосеки, в которой содержится информация по плановым показателям на заготовку древесины, абрис лесосеки с ситуацией и экспликацией. Оплата работ отводчиков рассчитывается на основании формируемой в ГИС справки по отводу и таксации лесосек.

- **Автоматизированное формирование сортиментных планов**

В системе реализованы функции автоматизированного формирования документации в виде ведомостей, содержащих плановые показатели, которые необходимы для построения производственной программы лесозаготовок, как-то: объемов заготовки, процентов выхода пиловочника и балансов, средние объемы хлыста, количество стволов, расстояние вывозки до пунктов потребления, и др. Для формирования сортиментных планов используются статистические данные, хранимые в ГИС, по плановым и натурно отведенным лесосекам.

- **Планирование размещения лесной дорожной инфраструктуры**

В соответствии с плановым и натурным набором лесосек проводится анализ транспортной доступности лесных участков, в случае необходимости проектируются новые объекты лесной дорожной инфраструктуры. При планировании размещения лесных дорог оценивается рельеф местности, расстояние вывозки, запас древесины в грузосборной зоне и в перспективных лесосеках, примыкающих к планируемой дорожной инфраструктуре.

- **Контроль движения техники на заготовке и вывозке древесины**

Создано специальное программное обеспечение позволяющее производить импорт в систему графической и семантической информации по трекам единиц оборудования из различных систем мониторинга автотранспорта. Реализованный функционал позволяет выполнять одновременную визуализацию множества треков на карте ГИС, классифицировать треки по лесозаготовительным бригадам, автоколоннам на вывозке и относящимся к ним видам техники по датам и сменам производства работ.

- **Контроль выполнения условий лесной сертификации FSC**

Одним из принципов добровольной лесной сертификации является поддержание и улучшение лесов высокой природоохранной ценности (ЛВПЦ). В лесной ГИС может содержаться картографическая информация о таких лесах, при этом для зон строгой охраны может быть подключен пространственный фильтр, который блокирует отвод участков в пределах таких зон.

- **Мониторинг пожаров**

В лесной ГИС выполнена интеграция с открытыми сервисами, выполняющими спутниковый мониторинг лесных пожаров. При обращении к сервисам в ГИС импортируются данные о термоточках на даты запросов, с визуализацией пожара на электронной карте с привязкой к кварталу и выделу. На основании имеющихся данных о лесных пожарах организуется учет площадей, пройденных пожарами, с сохранением информации о площади

пожара, годе, месторасположении пожара, количестве людей и техники, задействованных при тушении пожаров.

Бизнес планирование тесно связано с взаимодействием с органами государственной власти, для этих целей в лесной ГИС реализован блок автоматизированного формирования специализированной отраслевой отчетности между арендаторами лесных участков и лесничествами, включающий в себя следующий функционал:

- Автоматизированный расчет материально-денежной оценки лесов различными методами с возможностью импорта ведомостей перечета деревьев из внешнего файла;
- Лесная декларация с приложениями на основе автоматизированного расчета МДО и загрузки данных из внешнего файла;
- Отчеты об использовании, охране, защите, воспроизводстве лесов и лесоразведении.

Специальное программное обеспечение показало свою эффективность и активно используется на предприятиях лесозаготовительной отрасли при планировании лесозаготовок. На сегодняшний день лесная ГИС является полноценным информационным продуктом бизнес планирования, не имеющим аналогов в России, что дает компаниям, применяющим данное программное обеспечение ряд конкурентных преимуществ перед предприятиями отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. ftp://ftp.sovzond.ru/forum/2015/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8%D1%81%D1%8B/pdf_rus/Abstract_Andreychuk_rus.pdf
2. <http://www.politerm.com.ru>
3. Microsoft Corporation, 2006–2008. Гибкая методология разработки программного обеспечения. Подготовлено к печати издательством «Русская Редакция».
4. ftp://ftp.sovzond.ru/forum/2015/16.04_pdf/Andreychuk.pdf

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Бастриков Д.В., bastrikov@gmail.com, Кацадзе В.А., tlzp@mail.ru

Власов Ю.Н., gnylasov@yandex.ru, Кучер С.В., suroga.kucher@gmail.com,

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

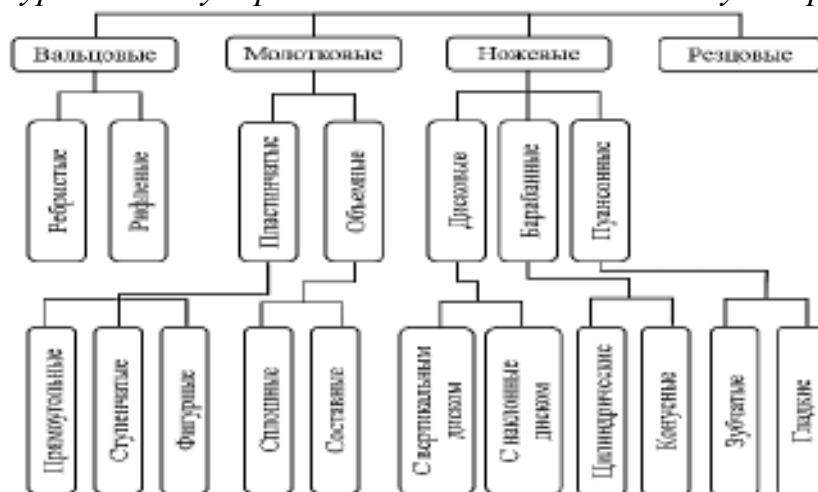


Рисунок 1 – Типы рабочих органов измельчителей древесных отходов

Таблица 1

Краткое описание и принцип работы рабочих органов измельчителей древесных отходов

Тип рабочих органов	Подкласс	Принцип работы, краткое описание
Вальцовые	Рифленые	Рифленые вальцы представляют собой барабан цилиндрической формы, на поверхности которого имеются рифли. Рифленые вальцы можно использовать для тонкого измельчения древесных отходов небольшого диаметра. Наиболее существенным недостатком является налипание измельчаемой массы на рифли, что приводит к резкому ухудшению процесса измельчения, требуется остановка машины и очистка вальцов.
	Ребристые	Ребристые вальцовые рабочие органы представляют собой набор дисков, в пазы которых вставляются и крепятся ножи, расположенные параллельно оси вращения вальца. Данные рабочие органы осуществляют измельчение древесных отходов неограниченной длины на маломерные отрезки длиной 120...160 мм, диаметр перерабатываемых отходов до 150 мм. К недостаткам следует отнести размер получаемых отрезков, которые при дальнейшей переработке в кормовых целях необходимо доизмельчать.
Резцовые	-	Представляют собой вращающийся резец, закрепленный в оправке, к которому подается измельчаемый материал. В основном машины, в которых используются резцовые рабочие органы, предназначены для переработки деловой древесины, с целью получения древесного шпона и технологической щепы.
Ножевые	Пуансонные	Пуансонные рабочие органы представляют собой набор вращающихся и неподвижных ножей. Измельчение происходит путем перерезания измельчаемой массы подвижным ножом при попадании ее на два неподвижных ножа.
	Рубильные: дисковые и барабанные	При использовании рубильных рабочих органов для измельчения деловой древесины и отходов из нее получается кондиционная технологическая щепа, используемая в гидролизном и бумажном производстве для получения ДСП, ДВП и других строительных материалов. Существенным недостатком рубильных рабочих органов является их частая поломка и затупление.
Молотковые	Пластинчатые, объёмные	Представляют собой ротор с шарнирно закрепленными молотками пластинчатой или объемной формы. Пластинчатые молотки могут быть прямоугольными, ступенчатыми и фигурными, объемные - сплошными и составными. В основном молотковые рабочие органы применяются в сельском хозяйстве для измельчения зерна, грубых кормов, комбикормов

Технические характеристики отечественных корорубок КР12-9М и КР8-6

Модель	КР12-9М	КР8-6
Производительность, нас. м ³ /час	100	60
Частота вращения ротора, об/мин	770	940
Рабочая длина ротора, м	0,9	0,6
Количество ножей, шт.	9	6
Установленная мощность, кВт	163	93
Габаритные размеры, мм	3640x1800x2080	3025x1503x1510
Масса, т	~14830	~7200

Недостатком этих измельчителей является их высокая энергоемкость, низкая производительность, необходимость предварительного измельчения массы, частая поломка ножей при попадании минеральных включений [4, 5]. Особо важна влажность отходов, подающихся на измельчение. Тем не менее, подобное оборудование до сих пор распространено на предприятиях, занимающихся переработкой отходов лесозаготовительного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коршак А.В., Бирман А.Р., Онегин В.И., Хитров Е.Г. Брикетирование опилок на прессах ударного типа. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2011. № 197. С. 175-181.
2. Коршак А.В., Бирман А.Р., Хитров Е.Г., Кокка А.А., Селимов А.М. К вопросу повышения надежности оборудования лесоперерабатывающего комплекса. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2010. № 191. С. 144-151.
3. Chubinsky A.N., Tambi A.A., Khitrov E.G., Chauzov V.L., Shvets V.L., Bahshieva M.A., Bykov D.J. Justification of output structural pine and spruce sawn timber from logs. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2016. № 214. С. 247-258.
4. Григорьев И.В., Хитров Е.Г., Власов Ю.Н., Иванов В.А., Жданович В.И. О необходимости дополнительных исследований энергоемкости процесса поперечного пиления древесины. Системы. Методы. Технологии. 2013. № 4 (20). С. 143-147.
5. Бирман А.Р., Сергеевичев В.В., Власов Ю.Н., Хитров Е.Г. Пути совершенствования технологии и оборудования раскряжевки круглых лесоматериалов. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2012. № 198. С. 110-118.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ВЫРАЖЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАБОТЫ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КОРЫ

Бастриков Д.В., bastrikov@gmail.com, Кацадзе В.А., tlzp@mail.ru, Власов Ю.Н., gnylasov@yandex.ru, Кучер С.В., suroga.kucher@gmail.com
Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Проблемы математического описания процессов разрушения, происходящих при измельчении материалов, считаются сложнейшими в технике. Ряд возникающих вопросов не решён на теоретическом уровне не только в технике, но и в физико-математических науках. Дробление коры и отходов окорки древесины – анизотропных материалов [1 – 3], физико-механические свойства которых варьируются в широком диапазоне и, как отмечают исследователи [1 – 5], изучены слабо – не исключение.

Сформулируем в общем виде математическую модель, которая ляжет в основу плана экспериментальных исследований дробления коры. Под законом

дробления далее по тексту будем понимать зависимость между работой, затраченной на измельчение, и степенью измельчения продукта.

Используем понятие степени измельчения i :

$$i = \frac{D}{d} \quad (1)$$

где D – размер измельчаемого куска, d – размер куска продукта измельчения.

Размеры D , d в теории определяются несколькими способами, например, как среднее арифметическое либо среднее геометрическое граней тела (куска). В этом случае для куба размер куска совпадёт по значению с длиной одной грани.

Один из законов дробления, известный как закон Кирпичева-Кика, основан на законе подобия, известном из сопротивления материалов: подобным деформациям геометрически подобных и физически одинаковых тел соответствуют работы, пропорциональные объёмам тел. Математическое выражение закона, сформулированное в 1874-1875 годах, следующее [6]:

$$A = k_K V = k_K D^3 \quad (2)$$

где k_K – коэффициент пропорциональности, V – объем куска в форме куба с ребром D .

В общем виде закон дробления можно представить формулой:

$$A = kD^m \quad (3)$$

где k – коэффициент пропорциональности, m – показатель степени при размере куска, подлежащего дроблению.

Рассмотрим случай дробления материала массой Q , состоящего из N кусков. Воспользуемся формулой (3) и запишем:

$$A_Q = kD^m N = kD^m \frac{Q}{\delta D^3} = k_1 D^{m-3} Q \quad (4)$$

где δ – плотность материала, k_1 – коэффициент пропорциональности:

$$k_1 = \frac{k}{\delta} \quad (5)$$

Для дальнейшего решения реальный материал, состоящий из кусков до и после дробления, заменим идеальным, состоящим из кусков правильной кубической формы и одинаковых по размеру.

Обозначим средние размеры кусков исходного материала и продукта измельчения D_{cp} и d_{cp} соответственно. Условимся также, что материал измельчается в n стадий, после каждой из которых степень дробления равна r . Тогда общая степень измельчения за n стадий равна:

$$i = r^n \quad (6)$$

Размеры кусков, поступающих в последовательные стадии дробления, таким образом, представятся следующим рядом:

$$D_{cp}, \frac{D_{cp}}{r}, \frac{D_{cp}}{r^2}, \frac{D_{cp}}{r^3} \dots \frac{D_{cp}}{r^{n-1}} \quad (7)$$

Тогда по формулам (4) и (7) работа измельчения материала массой Q на каждой стадии будет составлять:

$$A_1 = k_1 D_{cp}^{m-3} Q; A_2 = k_1 \left(\frac{D_{cp}}{r} \right)^{m-3} Q; A_3 = k_1 \left(\frac{D_{cp}}{r^2} \right)^{m-3} Q; \dots; A_n = k_1 \left(\frac{D_{cp}}{r^{n-1}} \right)^{m-3} Q \quad (8)$$

В итоге работа измельчения материала определится как сумма работ по стадиям, причём сумма членов ряда прогрессии составит:

$$\frac{r^{m-3}}{1-r^{m-3}} \cdot \frac{1 - \left(\frac{D_{cp}}{d_{cp}} \right)^{m-3}}{\left(\frac{D_{cp}}{d_{cp}} \right)^{m-3}} \quad (9)$$

Перепишем формулу (4) учётом выражения (9):

$$A_Q = k_1 Q D_{cp}^{m-3} \cdot \frac{r^{m-3}}{1-r^{m-3}} \cdot \frac{1 - \left(\frac{D_{cp}}{d_{cp}} \right)^{m-3}}{\left(\frac{D_{cp}}{d_{cp}} \right)^{m-3}} \quad (10)$$

Введём обозначение:

$$K_1 = k_1 \cdot \frac{r^{m-3}}{1-r^{m-3}} \quad (11)$$

Тогда, после ряда преобразований и сокращений, получим по формуле (10):

$$A_Q = K_1 Q \cdot (d_{cp}^{m-3} - D_{cp}^{m-3}) = K_1 Q \cdot \left(\frac{1}{d_{cp}^{3-m}} - \frac{1}{D_{cp}^{3-m}} \right) \quad (12)$$

Обратим внимание, что величина K_1 включает в себя коэффициент пропорциональности k_1 , обозначающий в общем виде коэффициент k_K , а также величины r , m , δ , не связанные напрямую с параметрами d_{cp} , D_{cp} и i .

Принимая $m = 3$ по формуле (12) получим после ряда преобразований для раскрытия неопределённости:

$$A_Q = K_K Q \cdot \left(\ln \frac{1}{d_{cp}} - \ln \frac{1}{D_{cp}} \right) \quad (13)$$

или иначе:

$$A_Q = K_K Q \cdot \ln i \quad (14)$$

Математическая модель (15) содержит в себе неизвестный коэффициент пропорциональности K_K , который подлежит экспериментальному определению. Вид функции (15) позволяет настаивать на составлении плана эксперимента 2-го порядка, что необходимо также учесть при разработке программы экспериментальных исследований.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Chubinsky A.N., Tambi A.A., Khitrov E.G., Chauzov V.L., Shvets V.L., Bahshieva M.A., Bykov D.J. Justification of output structural pine and spruce sawn timber from logs. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2016. № 214. С. 247-258.

2. Куницкая Д.Е., Григорьев И.В., Хитров Е.Г. Алгоритм распознавания баланса на цифровом снимке. Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 9-2 (20-2). С. 197-201.
3. Чубинский А.Н., Тамби А.А., Хитров Е.Г., Шимкевич Ю.А., Семишкур С.О. Обоснование объемного выхода пиломатериалов для клееных деревянных конструкций на основе физических свойств древесины. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2014. № 206. С. 146-153.
4. Куницкая О.А., Хитров Е.Г., Ильюшенко Д.А. Уплотнение древесных материалов под действием ударной нагрузки. Научное обозрение. 2012. № 4. С. 121-127.
5. Коршак А.В., Бирман А.Р., Онегин В.И., Хитров Е.Г. Брикетирование опилок на прессах ударного типа. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2011. № 197. С. 175-181.
6. Андреев С.Е., Перов В.А., Зверевич В.В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. М.: Недра, 1980. 415 С.

МЕТОДИКА ИДЕНТИФИКАЦИИ И ОЦЕНКИ РИСКА РЕАЛИЗАЦИИ МЕХАНИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ, ФОРМИРУЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТРАВМАТИЗМ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Бектобеков Г.В., bjd@spbftu.ru, Езикова К.А., KseniaEzikova97@mail.ru
Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Обеспечение безопасности – основное условие любого вида деятельности. При очевидности этого постулата на практике это пытаются решить в последнюю очередь и, как правило, без глубокого анализа состояния безопасности объекта. Объективной причиной негативного отношения к проблеме обеспечения безопасности является несовершенство методов идентификации травмоопасных факторов, оценки, анализа и риска реализации выявленных опасностей. Эти процедуры требуют разработки глубокой научной основы и четкого методологического обоснования признаков наличия травмоопасных факторов для их идентификации. Под травмоопасными факторами в настоящей работе понимается любое техногенное, природное, социальное воздействие на человека, способствующее возникновению у него повреждений кожных покровов, мышц, костей, сухожилий, позвоночника, глаз, головы, других частей тела, не являясь их непосредственной причиной. Из огромного количества травмоопасных факторов, позволяющих утверждать, что любая деятельность - потенциально опасна, следует выделить наиболее значимую группу травмоопасных факторов, приводящих к механическому травмированию человека. Причинами механических травм являются, прежде всего наличие таких травмоопасных факторов, как шероховатость поверхности, острые кромки и грани инструмента и оборудования, передвигающиеся изделия, материалы, заготовки, разрушающиеся конструкции, повреждение глаз или других частей твердыми частицами, образующимися при обработке древесных материалов и др. Другими причинами получения механических травм могут быть: падение, падение с высоты, наезд технологического транспорта, передвижение в рабочей зоне, воздействие манипуляторов или роботов при попадании людей в зону их действия, падение предметов на человека, обрушение строительных конструкций и т.д., захват частей тела и одежды движущимися частями ленточных или цепных конвейеров. Результаты

анализа причин механического травмирования позволяют утверждать, что «все опасности можно контролировать до определенного предела, если они могут быть идентифицированы»

Идентификация травмоопасных факторов представляет собой процедуру предварительного анализа с позиции безопасности технологического процесса, оборудования и т.п. При этом на первом этапе идентификации дается подробное описание функций, выполняемых работающими в процессе труда. На втором этапе проводится поиск и выявление тех факторов, которые при определенных условиях могут перерасти в реальную опасность и реализоваться в виде конкретных механических травм

Поиск травмоопасных факторов предлагается проводить по следующей схеме: на первом этапе - выявить реальные (шероховатости поверхностей, острые кромки и выступы на различных частях оборудования, частицы абразива при заточке инструмента, осколки, стружка и т.п.) и потенциальные (сосуды, работающие под давлением, штабели материалов, заготовок, готовых изделий и т.д.) травмоопасные источники механического травмирования; на втором этапе - провести поиск основных видов травмоопасных факторов в основных местах: в точке выполнения технологических операций или видов работ (резка, штамповка, фрезерование, шлифование и т.д.); на приводах и устройствах, передающих механическую энергию (маховики, шкивы, муфты, шпиндели, цепи, кривошипы и др.); на прочих движущихся частях, таких как возвратно-поступательные механизмы, механизмы подачи, ленточные и цепные конвейеры и др. виды травмоопасных факторов, при выполнении технологических операций зависят от типа действия механизмов и инструмента: режущее действие создает опасность. Так при выполнении операции могут быть повреждены пальцы руки или голова, отскочившая стружка может попасть в глаза или лицо (ленточные и круглые пилы, расточные и сверлильные станки, токарные и фрезерные станки). Ударное действие создает опасность там, где материал вставляется, удерживается, а затем вынимается вручную. Срезающее действие создает опасность при выполнении операции, когда материал вставляется, удерживается, а затем вынимается (механические, гидравлические или пневматические ножницы). Сгибающее действие создает опасность там, где материал вставляется, удерживается, а затем вынимается (прессы с механическим, гидравлическим, пневматическим приводами и станки для сгибания труб).

Значительную травмоопасность представляют движущиеся заготовки, части машины и оборудования. Существует три основных типа движения: вращательное, возвратно-поступательное и продольное. Вращательное движение: втулки муфты, наконечники валов, горизонтальные или вертикальные валы могут представлять опасность, а также опасность существует, когда болты, шпонки или установочные винты выступают из вращающихся частей машин и механизмов. Кроме того, вращающимися частями машин создаются зоны захвата. Существуют три основных типа таких зон: первый тип, если части машин с параллельными осями вращаются в разных направлениях, соприкасаясь

между собой или находясь вблизи друг от друга, то в этом случае материал, который подается между валиками, создает опасные точки или зоны захвата. Второй тип зоны захвата создается между вращающимися и тангенциально двигающимися частями. Третий тип зоны может возникнуть между вращающимися и неподвижными частями. Возвратно-поступательное движение может быть опасным, поскольку во время движения назад человек может получить удар или попасть между движущейся частью станка и неподвижной частью здания и т.п. Продольное движение создает опасность, так как человек может быть захваченным движущейся частью.

Значительную опасность на производстве и в быту создают подъемно-транспортные машины и оборудование (краны, конвейеры и т.п.). К основным травмоопасным факторам, возникающим при эксплуатации подъемно-транспортных машин и устройств, относятся: падение груза с высоты, разрушение металлоконструкций крана, потеря устойчивости и падение стреловых самоходных кранов, спадание каната или цепи с блока, срыв винтовых, реечных и гидравлических домкратов, а также их самопроизвольное опускание.

На третьем этапе идентификации травмоопасных факторов проводится предварительный анализ возможности перехода травмоопасных факторов в потенциальные или реальные опасности, позволяющий провести предварительную оценку уровня безопасности технического объекта или технологического процесса. В данной работе для этой цели предлагается использовать один из эффективных логико-лингвистических методов анализа безопасности систем - метод алгебры логики (Булева алгебра). Каждое состояние технической системы может быть классифицировано как безопасное состояние системы, опасное состояние системы, критическое состояние системы и аварийное состояние системы. Оценка таких состояний, проведенная с и помощью построения и последующей минимизацией карты Карно, позволяет получить окончательные ситуационные логические модели, описывающие состояние любой технической системы или ситуации с учетом наличия прямой опасности.

Предлагаемый выше способ предварительного анализа и оценки безопасности систем позволяет в общей форме определить комплекс организационных и технических мероприятий, выбрать конкретные показатели безопасности системы для дальнейшего количественного или инструментального анализа, разработать алгоритмы типичных причинных цепей реализации возможных нежелательных событий применительно к конкретной технической системе, что, по существу, и является конечной целью анализа безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бектобеков Г. В. Концептуальные основы системного подхода к анализу безопасности эргатических систем. Труды СПбГЛТА. Актуальные проблемы развития высшей школы СПб, СПбПА, 2006, 301с.
2. Бектобеков Г. В. Анализ безопасности. Методические аспекты. Труды СПбГЛТА. Актуальные проблемы развития высшей школы СПб. СПбГЛТА, 2006, 303с.

ЛЕСНЫЕ МОДИФИКАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТРАКТОРОВ

Валяжонков В.Д., valy-vladimir@yandex.ru, Костюк О.П., oleg265338@mail.ru
Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Начало применения тракторной тяги на заготовке леса в мировой практике положено в середине 20-х годов прошлого века. Замена конной тяги на тракторную явилось революционной вехой в области механизации лесосечных технологических процессов. В большинстве это были гусеничные тракторы промышленного назначения. Они использовались главным образом на сборе и трелевке деревьев и имели примитивную оснастку, состоящую из нескольких навешанных на задний тяговый крюк или тяговую скобу чокеров.

На зарубежных лесозаготовках гусеничные промышленные тракторы были потеснены колесными трелевочными машинами с шарнирно-сочлененной рамой. На отечественных лесозаготовках данные тракторы успешно эксплуатировались до середины 70-х годов. Они повсеместно были заменены на специальные гусеничные трелевочные тракторы, широкомасштабный выпуск которых был налажен к этому времени. Наибольшая отдача от фондовооруженности предприятий получается при максимальном использовании техники в течение всего года. Целью данной статьи является обоснование целесообразности применения в лесном комплексе России гусеничных промышленных тракторов и рассмотрение их конструктивных и эксплуатационных свойств на основании изучения зарубежного опыта.

В лесных массивах Северной Америки тракторы данного типа продолжают успешно трудиться на лесосечных работах. Большое внимание созданию гусеничных лесных модификаций промышленных тракторов за рубежом уделяет компания Caterpillar. На базе промышленного трактора общего назначения модели D5 для выполнения землеройных работ в агрегате с бульдозером компанией были созданы лесопромышленные тракторы для чокерной и бесчокерной трелевки леса [1]. Созданием аналогичных моделей тракторов занимаются в «ГСКБ по промышленным тракторам» при Челябинском тракторном заводе.

На рисунке 1 представлена схема построения лесных модификаций промышленных тракторов компании Caterpillar [3]. Трелевочные тракторы с тросо-чокерным оборудованием и с пачковым захватом на манипуляторной стреле применяются как на механизированной валке деревьев с помощью бензиномоторных пил, так и машинизированной валке с использованием валочных и валочно-сучкорезных машин. Тракторы с пачковым захватом применяются в комплекте с валочно-пакетирующими машинами. На тракторах данного семейства установлены отлично зарекомендовавшие себя дизельные двигатели серии Cat 3304 DITA мощностью 96-112 кВт.

Дорожный просвет от 550 до 710 мм, гладкая броня днища без раскосов создаёт минимальный риск зацепления трактора за пни и выход скальных пород, а также предотвращает скопления грязи и мусора. Всё это уменьшает

потребность в маневрировании, что сокращает продолжительность технологического цикла.

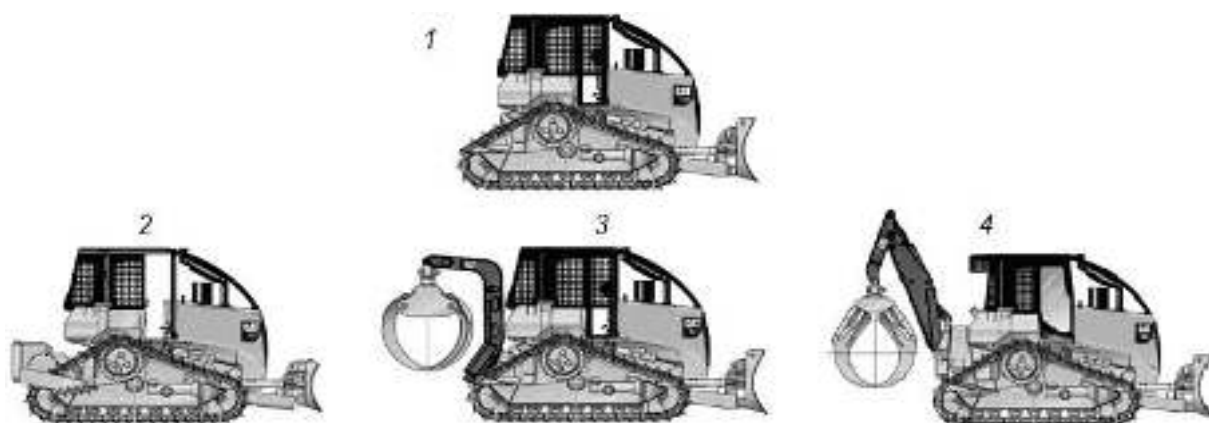


Рисунок 1. Базовая машина D5 компании Caterpillar и лесопромышленные модификации
1 – базовая модель D5 гусеничного промышленного трактора компании Caterpillar в бульдозерном исполнении; 2 – лесопромышленный трактор в тросо-чокерном исполнении для сбора и трелевки леса; 3 – лесопромышленный трактор в исполнении с пачковым захватом для трелевки леса пачками; 4 – лесопромышленный трактор в исполнении с пачковым захватом, подвешенным на манипуляторной стреле, для сбора и трелевки леса пачками.

Конструкция для защиты оператора при опрокидывании трактора (ROPS), которая устанавливается на лесопромышленных трелёвщиках Caterpillar, удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым нормами SAE и NSO. Они также отвечают всем требованиям, предъявляемым к конструкциям защиты оператора от падающих тяжёлых предметов (FOPS).

Конструкция кабины тракторов обеспечивает комфортное обитание оператора. С рабочего места оператор имеет отличную обзорность рабочей зоны. Электронная контрольная система непрерывно отслеживает основные функции машины и подает оператору предупредительные сигналы трёх типов: звуковой, визуальный или комбинированный.

Тракторы обладают лёгкостью проведения технических обслуживаний и ремонтов. Модульная конструкция силовой передачи ускоряет разборку и сборку узлов. Снятие отдельных узлов или механизмов производится без потери времени на демонтаж соседних компонентов. Проверка узлов до их сборки или после ремонта обеспечивает их качество. Отсутствие смазочных фитингов на тракторе, легкий доступ к обслуживаемым узлам обеспечивает быстроту и удобство повседневных операций контроля.

Все тракторы оснащены трелевочными лебедками. На чокерном варианте тракторов устанавливаются мощные лебедки с высоким тяговым усилием до 30кН. Лебедки имеют специальные выводные устройства и направляющие ролики. На тракторах бесчокерной трелевки деревьев пачками от валочно-пакетирующих машин установлена дугообразная рама для подвешивания пачкового захвата. С пачковым захватом используется уменьшенная по мощности и габаритам трелевочная лебедка с тяговым усилием до 20кН. В дуге рамы выполнено выводное отверстие для ее троса.

На моделях тракторов для сбора деревьев в пачки и их трелевки пачковые захваты подвешены на стрелах манипулятора. Благодаря большому вылету и возможности поворота стрелы на угол 70° в обе стороны трактор может сам формировать пачки.

Все гусеничные модели лесопромышленных модификаций оснащены стандартным отвалом для производства бульдозерных работ. С помощью отвала трактор может производить не только расчистку лесных площадей, но и выполнять все виды перемещения грунта, начиная от грубых начальных работ и кончая его нивелированием. Вместо отвала фронтально на трактор могут навешиваться орудия для расчистки лесных площадей. Для агрегатирования с промышленными тракторами фирмы Rimko, Rome и Weldco-Beales выпускают широкий шлейф орудий для срезания деревьев, пней и кустарника на уровне земли, для расчистки от порубочных остатков, валежа, кустарника, небольших деревьев.

Богатый зарубежный опыт применения промышленных тракторов на трелевке леса указывает на целесообразность в настоящее время использовать парк промышленных тракторов российского лесного комплекса на лесосечных и лесохозяйственных работах. Это позволит резко повысить занятость машин в течение года, что благоприятно скажется на экономике лесозаготовительных предприятий. Требуется также срочно восстановить производство орудий для расчистки лесных площадей для агрегатирования с отечественными промышленными тракторами, что положительно скажется в профилактике и тушении лесных пожаров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Техничко-эксплуатационные характеристики машин компании Caterpillar / Справочник. – Caterpillar inc.: Пеория, Иллинойс, США, 1996. – 952с.
2. Трелёвочный трактор D5H/Проспект. – Caterpillar США, 1993 – 4с.
3. Cat Track Skidders 517/527 / Проспект. – Caterpillar США, 2007 – 4с.

КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОЛЕСНЫХ ТРЕЛЕВОЧНЫХ МАШИН (СКИДДЕРОВ)

Валяжонков В.Д., valy-vladimir@yandex.ru, Беляев М.А., makssobr@rambler.ru
Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

В зарубежной технологии лесозаготовок колесные трелевочные машины (КТМ) являются основными техническими средствами на трелевке древесины деревьями или хлыстами. Целью настоящей работы является классификация зарубежных КТМ (скиддеров) по конструктивным параметрам (массе, удельной мощности, давлению на грунт) с приведением характеристик их основных агрегатов (энергетической установки и трансмиссии), с целью разработки рекомендаций по рациональному применению КТМ для различных видов лесопользования в России. Материалы для статьи были собраны при посещении международных выставок лесной техники и обзора публикаций в интернете.

В настоящее время основная масса моделей КТМ (скиддеров) выполнена на колесном ходу по схеме 4x4. Машины с 6x6 не нашли широкого

распространения. В таблице 1 приведены краткие технические характеристики наиболее распространенных моделей машин данного типа. КТМ 4x4 выпускаются в широком мощностном диапазоне, который составляет 75-160кВт. Их масса колеблется от 7т до 18т. Большинство моделей КТМ (40,8%) относится к среднему классу, в легком классе их 34,7% и в тяжелом – 24,5%. Из 7-ми представленных производителей машин этого типа только 3 фирмы Ranger, John Deere и Clark выпускают модели всех классов.

По типу оснащаемого технологического оборудования КТМ разделяются на две группы машин. Это чокерные машины с канатно-чокерным оборудованием (классический вариант) и бесчокерные машины с пачковым захватом, который подвешивается на машину с помощью установок одиночного или двойного действия. Первый вариант установки просто опускает и поднимает головку захвата, второй – еще и обеспечивает ее продольное перемещение. Установка двойного действия сокращает маневры машины, когда пачка имеет разбросанность деревьев. Кроме того, для лучшего распределения нагрузки по осям она подтягивает комли деревьев ближе к машине, создавая тем самым хорошую устойчивость КТМ при рабочем ходе. В последние годы начинает формироваться также третья группа машин оснащаемые гидроманипулятором. По своему функциональному назначению это однотипные машины для трелевки леса деревьями или хлыстами. Однако они применяются в разных лесозаготовительных системах машин.

Чокерные КТМ имеют расширенную специализацию. Они применяются практически на всех видах рубок и хорошо согласуются как с ручной, так и машинной валкой леса. К отрицательной стороне данных машин относятся затраты времени на формирование пачки деревьев, которые занимают наибольшую долю по сравнению с остальными операциями технологического процесса.

Классическая модель чокерных КТМ оборудована мощной лебедкой, большим регулируемым по высоте опорным роликом и трелевочным щитом. Форма трелевочных щитов большинства моделей машин обеспечивает устойчивое положение комлей деревьев и хлыстов в процессе трелевки.

Интенсификация лесосечных работ продиктовала создание моделей КТМ с пачковыми захватами. Площадь поперечного сечения захватов составляет 0,65-1,5м², максимальное раскрытие клешней самого большого из них достигает 3200мм. Каждая клешня захвата имеет индивидуальный привод гидроцилиндром. В процессе трелевки гидросистема поддерживает на захвате постоянное давление. Гидромотор с высоким крутящим моментом позволяет вращать захват на 360° без ограничения угла поворота.

Однако наиболее универсальными КТМ являются машины, оснащенные гидроманипулятором и канатно-чокерным оборудованием или самозажимающимся коником. Они имеют значительный эффект в сокращении затрат времени на формирование пачки древесины. Зачастую трелевка пачки деревьев или хлыстов производится с использованием гидроманипуляторов.

Таблица 1

Основные параметры КТМ (скиддеров) с колесной формулой 4x4

Фирма	Модель	Мощность, кВт	Масса, т	Технологическое оборудование	Давление на грунт, кПа
John Deere	360D	96	10,77	пач. захват	61,6
	360D	96	10,35	лебедка	53,8
	460D	125	15,15	пач. захват	52,7
	460D	125	13,65	лебедка	63,2
	660C	140	14,97	лебедка	58,7
	660C	140	16,57	пач. захват	66,5
	540G-III	96	10,35	лебедка	50,7
	548 G-III	96	10,77	пач. захват	50,3
	640 G-III	125	13,65	лебедка	55,3
	648 G-III	125	13,48	пач. захват	53,7
	748 G-III	132	15,15	пач. захват	60,3
Caterpillar	515	113	12,5	пач. захват	44,5
	515	113	13,33	лебедка	77,6
	525B	130	15,56	пач. захват	71,4
	525B	130	15,73	лебедка	69,4
	530B	145	15,55	лебедка	78,5
	530B	145	17,83	пач. захват	90,0
Ranger	F65C	78	7,38	лебедка	55,0
	F65G	78	8,8	пач. захват	47,4
	H67C	118	10,34	лебедка	63,7
	H67G	118	11,89	пач. захват	62,3
	F68C	155	14,41	лебедка	71,2
	F68G	155	17,22	пач. захват	70,6
TreeFarmer	C7T	110	8,47	лебедка	70,5
	C6F	100	11,43	пач. захват	51,3
	C7F	114	12,81	пач. захват	59,6
Martimex	LKT90A	77	8,1	лебедка	73,1
	LKT90B	77	8,98	пач. захват	69,0

По данным таблицы 1 выполнена математическая обработка диапазонов и характера изменения удельной мощности и давления на грунт различных модификаций КТМ. Диапазоны удельной мощности варьируют в пределах от 8 до 13 кВт/т, а математическое ожидание этого параметра составляет 9,2 кВт/т.

Величина давления движителя на грунт изменяется в пределах от 40 до 90 кПа. Математическое ожидание составляет при этом 63 кПа.

Опираясь на предложенные в данной работе описания и сравнительный анализ параметров КТМ их классификацию по массе, удельной мощности и давлению на грунт, потребитель получает возможность выбора наиболее распространенных вариантов применения КТМ (скиддеров) в конкретных условиях эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Валяжонков В.Д., Добрынин Ю.А. и др. Зарубежные машины и оборудование для лесозаготовок и лесовосстановления. (Учебное пособие для вузов) – М.,: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. – 238с.

2. <http://harves.ru/article/trelevochnye-traktora-ckiddery-cto-eto-takoe/>

3. <http://os1.ru/article/4970-otsenka-tehnicheskikh-parametrov-kolesnyh-lesnyh-traktorov-skiddery>

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ГУСЕНИЧНОГО СОРТИМЕНТОВОЗА

Войнаш С.А., e-mail sergey_voi@mail.ru

Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

Бирман А.Р., birman1947@mail.ru, Кривоногова А.С., krivonogova.aleksandra@lta-landscape.com, Соколова В.А., sokolova_vika@inbox.ru, Марков В.А., mactor85@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

В лесозаготовительной промышленности России перспективной является сортиментная заготовка древесины. Более 50% площадей лесных районов Российской Федерации покрывают грунты, неблагоприятные для движения самоходной лесозаготовительной техники, поэтому важным требованием к сортиментовозам является их высокая проходимость по снежному покрову большой глубины и водонасыщенным грунтам с низкой несущей способностью. Теоретический анализ, проведенный в Рубцовском индустриальном институте АлтГТУ им. И.И. Ползунова [1], позволил сформулировать вывод о том, что при внедрении технологии сортиментной заготовки древесины в районах Восточной Сибири и Дальнего Востока следует отдавать предпочтение сортиментовозу с гусеничным движителем.

В 2009-2010 гг. ОАО «Алтайское тракторостроительное объединение» проведена разработка принципиально новой машины – гусеничного сортиментовоза ЛЗ-5, содержащего шасси манипуляторной машины с остовом и грузовую платформу с рамой [2]. Хотя силовая установка и силовая передача сортиментовоза ЛЗ-5 заимствованы у трелевочной машины тягового класса 4, но число опорных катков по борту доведено до шести, что позволило увеличить грузоподъемность шасси и способствует повышению производительности.

Предварительный анализ показал, что машина будет работать на неподготовленных волоках с наличием продольных и поперечных уклонов.

Особенностями разработанной конструкции являются:

- смещение вперед координаты центра масс порожней машины из-за принятой компоновки манипулятора в носовой части рамы;
- значительная координата по высоте груженой машины, что обусловлено размещением всего объема пачки на грузовой платформе.

В связи с этим актуален вопрос оценки устойчивости сортиментовоза.

Принято различать статическую и динамическую устойчивость, каждая из которых подразделяется на продольную и поперечную. Статическая устойчивость определяется при условии действия сил, постоянных по величине и направлению (силы тяжести). Для расчета показателей статической устойчивости используются простые уравнения равновесия. При оценке динамической устойчивости учитываются переменные, кратковременно действующие силы (силы инерции). Расчеты показателей динамической устойчивости достаточно сложны, т.к. базируются на дифференциальных уравнениях, требуют использования ряда исходных данных, как правило, отсутствующих на начальных стадиях проектирования.

Опрокидывание сортиментовоза может происходить относительно воображаемых осей, которые принято называть осями продольного и поперечного опрокидывания. Замкнутый контур, образованный осями опрокидывания машины, называется опорным контуром. При блокировке балансирных устройств подвески ходовой системы оси продольного опрокидывания проходят через опорные кромки гусениц. Оси поперечного опрокидывания опорного контура сортиментовоза проходят через наружные боковые кромки гусениц (на несминаемом грунте) или по средней линии гусениц (на мягком грунте) [3].

Собственная и грузовая статическая устойчивость сортиментовоза характеризуется предельными углами подъема α_{lim} , спуска β_{lim} и бокового крена ψ_{lim} . Расчетные схемы оценки статической устойчивости сортиментовоза представлены на рис. 1.



Рис. 1 - Схемы к расчету углов статической устойчивости

Предельные углы подъема α_{lim} , спуска β_{lim} и бокового крена ψ_{lim} (при условиях, что $Y_{лзм} = 0$ и грунт мягкий) определяются по формулам:

$$\alpha_{lim} = \arctg [(X_{лзм} - L) / (Z_{лзм} + h)], \quad (1)$$

$$\beta_{lim} = \arctg [(L + l - X_{лзм}) / (Z_{лзм} + h)], \quad (2)$$

$$\psi_{lim} = \arctg [0,5 \cdot B / (Z_{лзм} + h)], \quad (3)$$

где h – высота расположения оси ведущего колеса над грунтом; $X_{лзм}$, $Z_{лзм}$ – соответственно продольная и вертикальная координаты центра масс машины.

При необходимости учета поперечного смещения центра масс машины от продольной плоскости симметрии в формулу (3) вводится с соответствующим знаком поперечная координата $Y_{лзм}$.

Согласно действующим правилам по охране труда углы статической устойчивости лесозаготовительных машин должны превышать 35° .

Условие обеспечения несползания сортиментовоза, неподвижно стоящего на поверхности с поперечным уклоном:

$$G_3 \cdot \sin \psi_{\text{сполз}} \leq \varphi_y \cdot G_3 \cdot \cos \psi_{\text{сполз}}, \quad (4)$$

где φ_y – коэффициент сцепления гусениц в поперечном направлении.

$$\text{Из (4) следует: } \operatorname{tg} \psi_{\text{сполз}} \leq \varphi_y, \quad (5)$$

При $\varphi_y = 0,6$, $\psi_{\text{сполз}} = 31^\circ$, т.е. при стоянке с поперечным уклоном, вероятность бокового сползания сортиментовоза выше, чем вероятность опрокидывания.

В ряде случаев для оценки динамической устойчивости применяют коэффициент грузовой устойчивости, определяемый с учетом всех сил, действующих на лесозаготовительную машину, в том числе сил инерции, возникающих при разгоне и торможении груза, сил центробежных, возникающих, например, при повороте гидроманипулятора с грузом, сил давления ветра и т.п.:

$$K = M_{\text{восст}} / M_{\text{опр}}, \quad (6)$$

где $M_{\text{восст}}$ – восстанавливающий момент всех сил относительно оси опрокидывания; $M_{\text{опр}}$ – опрокидывающий момент с учетом действия груза.

Величина K должна быть не менее 1,15 при учете всех дополнительных нагрузок или не менее 1,4 при учете действия одной лишь предельной рабочей нагрузки. Расчетная схема оценки продольной и поперечной грузовой устойчивости сортиментовоза представлена на рис. 2.

Составляя уравнения равновесия всех сил относительно оси опрокидывания, определяют значения соответствующих моментов и по формуле (6) рассчитывают коэффициент грузовой устойчивости.

Рассмотрим в качестве примера расчет коэффициента поперечной грузовой устойчивости гусеничного сортиментовоза, см. рисунок 2,б, при работе на ровной горизонтальной поверхности. Ось опрокидывания на мягком грунте проходит через точку O . Восстанавливающий момент всех сил относительно оси опрокидывания определяется выражением:

$$M_{\text{восст}} = [G_3 - (G_1 + G_2 + G_3)] \cdot 0,5 \cdot B, \quad (7)$$

где G_3 – общий вес машины; G_1, G_2, G_3 – веса соответственно стрелы, рукояти, клещевого захвата с учетом их гидропривода.

Опрокидывающий момент создается узлами лесотехнологического оборудования и грузом:

$$M_{\text{опр}} = (Q + G_3) \cdot (S_3 - 0,5 \cdot B) + G_1 \cdot (S_1 - 0,5 \cdot B) + G_2 \cdot (S_2 - 0,5 \cdot B), \quad (8)$$

Подставляя численные значения в формулы (8), (7) и (6), получим, что для сортиментовоза коэффициент поперечной грузовой устойчивости $K = 1,55$.

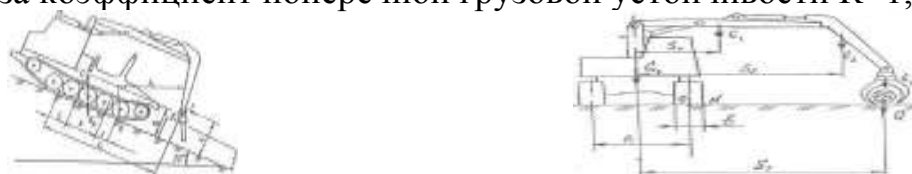


Рис. 2 - Схемы к оценке грузовой устойчивости

ЛИТЕРАТУРА

1. Войнаш С.А. К вопросу выбора типа сортиментовоза / С.А.Войнаш, А.А.Шаргу, А.С.Войнаш // Научный потенциал молодежи – будущему России: материалы и доклады межрег. науч.-практ. конф. 23 апреля 2010 г., г. Волгодонск / редкол.: Ю.Г. Никоноров [и др.]; Волгодонский ин-т сервиса (филиал) ГОУ ВПО "ЮРГУЭС". – Шахты: ГОУ ВПО "ЮРГУЭС", 2010. – С. 36-37.
2. Воскобойников И.В. Погрузочно-транспортная машина ЛЗ-5 / И.В.Воскобойников, В.М.Крылов, В.А.Фетисова // Строительные и дорожные машины. ПГТУ. – Москва, 2010, № 7. С. 23-25.
3. Марков В.А. Исследование причин отказов деталей зарубежной и отечественной лесозаготовительной техники/ Кретинин В.И., Соколова В.А., Марков А.Н., Гайдукова П.А., Козленок А.В. // Санкт-Петербургской Лесотехнической академии. Выпуск 216, СПб, СПбГЛТУ, 2016 г. – 288 с., с. 155-165.

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА ПОСЛЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Горбачева Т.И., sevadis@mail.ru, Епифанова А.Ю., sandra85-07@mai.ru, Пегов В.Ю., vovik212501@yandex.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Развитие лесозаготовительного производства требует постоянного обновления и увеличения парка соответствующих машин и оборудования, которые проходят не только своевременное техническое обслуживание, но и ремонт. Как показали исследования, после дефектации деталей машин лесного комплекса, осуществляемой в процессе ремонта, основной причиной, вызывающей отказы в текущей эксплуатации и работы машины в целом, является механическое изнашивание. Было также установлено, что более 12% деталей подвергается браковке ввиду усталостного изнашивания. Большую роль, безусловно, играют условия эксплуатации техники лесного сектора: высокая нагруженность сопряжений деталей; низкие температуры в зимний период; работа техники при лесозаготовках в условиях постоянного маневра и т.д. Особенно отмечаются пары трения деталей машин лесного комплекса. Условия работы деталей машин, изнашиваемых трением, чрезвычайно разнообразны. Износ рассматривают как результат постепенного уменьшения размеров деталей и, в ряде случаев, изменения качества их поверхностного слоя.

При ремонте машин и оборудования лесного комплекса сварка и наплавка является наиболее распространенными способами восстановления деталей, подвергшихся усталостному износу. Наплавкой называется процесс нанесения одного расплавленного металла (называемого присадочным) на поверхность другого (называемого основным). При этом основной металл также расплавляется на небольшую глубину для образования гомогенного соединения. Наибольшее распространение получила дуговая наплавка [6].

Материалы для наплавки существуют в различных формах. В электродуговой наплавке применяются в основном покрытые электроды, присадочные прутки и проволока.

При наплавке легирующий элемент наносят на поверхность ремонтируемой детали, изготовленной, преимущественно, из Стали 45. Иначе эта сталь называется конструкционная углеродистая качественная. Широко используется в промышленности для создания валов-шестерен, коленчатых и распределительных валов, шестерней, шпинделей, цилиндров, кулачков и других деталей, от которых требуется повышенная прочность. Из данной стали произведено большое количество деталей машин лесного комплекса.

В качестве легирующего элемента была выбрана улучшаемая легированная сталь 30ХГСА, имеющая по своим свойствам высокий предел текучести, низкую чувствительность к концентрации напряжений, достаточную вязкость, пластичность [4].

Но следует и принять во внимание, как меняется структура и свойства металла после наплавки. Под действием высокой температуры нагрева в зоне наплавки молекулы кислорода и азота, попадающие из воздуха, частично распадаются на атомы, а в атомарном состоянии эти элементы имеют большую химическую активность. Кислород образует оксиды железа и способствует выгоранию ценных легирующих элементов (марганца, кремния и др.), тем самым резко ухудшая свойства наплавленного слоя. Азот образует так называемые нитриды, которые увеличивают твердость, но снижают пластичность и способствуют образованию коробления и трещин. Водород, попадающий в зону наплавки из влаги и ржавчины, способствует образованию пор и трещин [3].

Сопутствующие этому процессу сварочные и структурные напряжения появляются в результате образования неравномерного температурного слоя.

Также отмечается укрупненное зерно в структуре металла, сопровождающееся ликвацией.

Чтобы снять полученные дефекты, в том числе и напряжения, а также обеспечить оптимальную твердость применяют термическую обработку.

Вначале производят низкотемпературный отжиг, непосредственно для снятия напряжений, при температуре 600°C. При этом показатели твердости имеют значение $HRC_{\Sigma} = 26-35$.

Для достижения равномерного снижения твердости и повышения обрабатываемости наплавленного металла резанием необходим нагрев до температуры превращения неравновесной структуры в более равновесную с последующим медленным охлаждением проводят отпуск стали. HRC_{Σ} принимает значение в интервале 23-26.

Для повышения твердости наплавленного металла осуществляют последующую термообработку в виде быстрого охлаждения от температуры аустенитизации – закалку. После неё осуществляется низкий отпуск, целью которого является уменьшение остаточных закалочных напряжений. Проводится при температуре 180-250°C [7]. После данных операций значения твердости HRC_{Σ} достигают интервала 45-47.

Однако этот способ продолжителен по времени, является затратным с точки зрения рабочих мест и экономически не выгоден.

Поэтому при восстановлении деталей после наплавки возможно применить термоциклическую обработку (ТЦО). Этот метод основан на постоянном накоплении от цикла к циклу положительных изменений в структуре металлов. При этом важной особенностью цикла является его интенсивность, отсутствие или наличие небольших выдержек при крайних температурах, а также оптимальный диапазон изменения температуры [2].

Такая обработка заключается в том, что детали после восстановления быстро нагревают на 30-50°C выше температуры критической точки, а затем многократно (4-6 раз) охлаждают на воздухе до температуры на 30-50°C ниже критической точки и вновь нагревают на 30-50°C. После чего проводится окончательное охлаждение в воде или масле.

Важным параметром, который удалось установить и зафиксировать на базе СПбГЛТУ в процессе исследования обработки деталей после восстановления посредством ТЦО, является ударная вязкость (KVC) – это способность металла сопротивляться ударному воздействию нагрузки. Показатель ударной вязкости является важнейшим для ответственных деталей и узлов машин лесного комплекса ввиду особенностей их эксплуатации.

Результаты проведенных исследований сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Изменение KCV от количества циклов

n	1	2	3	4	5	6	7
KCV,	0,62	0,73	0,82	0,91	1,18	1,21	1,42
Дж/см ²	0,41	0,49	0,73	0,91	1,18	1,21	1,19

Данные таблицы дают понимание, что за 7 циклов ТЦО удалось повысить показатель ударной вязкости почти в 2,5 раза.

Ещё один значимый параметр – твердость (таблица 2).

Таблица 2

Изменение значения HRCэ в зависимости от способа термической обработки

Вид операции	Исследуемый параметр	HRCэ
Отжиг		43-47
ТЦО		52-54

Изучив данные таблицы 2, делаем вывод, что показатель твердости увеличился в 1,15 раз при термоциклической обработке нашего материала.

После проведения ТЦО также было установлено изменение в структуре металла. На рис 1. представлена микроструктура металла до проведения термоциклической обработки и после неё.

Данные помогают сделать вывод, что ТЦО дает изменение структуры зерна, за которым следует повышение показателей ударной вязкости и твердости, что очень важно для деталей, подвергающихся усталостному изнашиванию. А благодаря получению сверхмелкого зерна (рис.1) данный способ термической обработки способствует переводу материала в состояние сверхпластичности.



Рис. 1 Структура стали: а) – до ТЦО, б) – после ТЦО

Отметим, что измельчение зерна, как правило, сопровождается уменьшением разнородности и более однородным распределением химических элементов. Переводя дефектную структуру в гомогенную и, измельчая зерна, ТЦО значительно снижает внутренние напряжения и способствует снижению уровня концентрации водорода в зоне наплавки – основного потенциального источника зарождения холодных трещин. Всё это снижает температуру перехода стали в хрупкое состояние, повышает вязкость разрушения.

Ко всему прочему, такой способ термической обработки металла после восстановления деталей существенно экономит время и ресурсы, что говорит о его актуальности в отрасли ремонта лесных машин сегодня.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуляев, А.П. *Металловедение: учебник для вузов* / А.П. Гуляев. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1986. 544 с.
2. Федюкин, В.К. *Термоциклическая обработка металлов и деталей машин* / В.К. Федюкин, М.Е. Смагоринский. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. – 255 с.: ил.
3. Бабусенко, С.М. *Ремонт тракторов и автомобилей* / С.М. Бабусенко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1980. – 335 с., ил. – (Учебники и учеб. пособия для подгот. кадров и массовых профессий)
4. Струк, В.А. *Материаловедение в машиностроении и промышленных технологиях: Учебно-справочное руководство* / В.А. Струк, Л.С. Пинчук, Н.К. Мышкин, В.А. Гольдаде, П.А. Витязь – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. – 536 с.
5. <http://www.shtorm-its.ru/svariivaemost-metallov-napryajeniya-i-deformatsii-pri-svarke>
6. <http://tool-land.ru/naplavka-metalla.php>
7. https://ru.wikipedia.org/wiki/Низкий_отпуск

РАЗРАБОТКА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ОТЖИМНОЙ НАПРАВЛЯЮЩЕЙ ДЛЯ УЗКИХ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ

Дербин М.В., m.v.derbin@mail.ru, Дербин В.М., v.derbin@mail.ru, Серёдкина В.С., viktorija.seryodkina@bk.ru, Сивков К.Е., ke.sivkov@gmail.com
 ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный Университет имени М.В. Ломоносова»

В настоящее время на малых и средних лесопильных предприятиях широкое распространение получили ленточнопильные станки с узкими пильными лентами. Преимуществами этих станков является невысокая энерго- и металлоёмкость, меньшие габаритные размеры, более низкая цена и простота в обслуживании. Основным недостатком таких ленточнопильных станков является значительная разнотолщинность получаемых пиломатериалов, а,

следовательно, и низкое качество последних[1]. Это обуславливается низкой степенью стабильности узкой пильной ленты.

Для повышения показателей качества пиления древесины требуется увеличение жесткости и устойчивости пилы во время работы.

Одним из способов повышения жесткости ленточной пилы является использование направляющих, установленных над и под распиливаемым материалом. Одним из путей устранения этого недостатка является установка щелевых и отжимных направляющих. Щелевые направляющие фактически выполняют роль ограничителей бокового биения пилы и практически не влияют на качество получаемых пиломатериалов [5]. Отжимные направляющие позволяют повысить точность пиления. В качестве отжимных направляющих используются ролики или аэростатические направляющие, которые создают дополнительные напряжения изгиба [6].

В работе [2] предложены отжимные направляющие, рабочая поверхность которых выполнена в виде аэростатических опор. Они обеспечивают значительное снижение трения полотна пилы о поверхности направляющих, и для их изготовления не требуется применение тепло- и износостойких материалов.

Еще один из существующих вариантов решения этого вопроса - отжимные аэростатические направляющие с регулируемой кривизной рабочей поверхности позволяют минимизировать дополнительно возникающие напряжения изгиба, поэтому их установка практически не влияет на ресурс пил и позволяет получать пиломатериалы с высокой точностью размеров [7].

В процессе исследования была разработана новая компоновка удлиненной отжимной аэростатической направляющей, позволяющая регулировать положение рабочей поверхности относительно впадин зубьев узкой пильной ленты (рис. 1). Техническое решение заключается в том, что корпус направляющей состоит из двух оснований. Верхнее основание жестко крепится к раме лесопильного станка. Нижнее основание крепится к верхнему болтово-гаечным способом, причём в верхнем основании отверстия для болтов выполнены в продолговатой форме, а в нижнем – в круглой форме. Такая форма отверстий позволяет юстировать аэростатическую опору по мере износа пильной ленты, тем самым избегая падения эффективности направляющей. К нижнему основанию жестко крепится консольно-расположенный гибкий элемент с гибкой рабочей поверхностью [4].

В процессе работы, узкие пильные ленты, подвергаются воздействию поперечных сил при надвигании распиливаемого материала, что в свою очередь вызывает значительный их изгиб и отклонение в сторону движения материала, снижая точность пиления, а также срок службы пил. На решение этого вопроса направлено второе новое техническое решение – установка ролика, поддерживающего полотно пилы во время пиления со стороны задней кромки. Данный ролик позволяет свести к минимуму поперечное деформационное воздействие на пильную ленту [3].

Разработанная отжимная аэростатическая направляющая представлена на рис. 1, общий вид направляющей представлен на рис. 2.

Отжимная аэростатическая направляющая состоит из верхнего основания 4, в котором выполнены отверстия продолговатой формы для соединения с нижним основанием 3. Отверстия имеют ось для начального скрепления оснований и ось, отдалённую на расстояние λ , для конечного скрепления оснований. Величина n определяется максимально допустимым износом пильной ленты 1. К нижнему основанию направляющей неподвижно крепится гибкий элемент 2 с отфрезерованной рабочей поверхностью, образующей аэростатическую микроканавку, к которой по воздухопроводам 5 осуществлен подвод сжатого воздуха. Тем самым, рабочая поверхность направляющей образует аэростатическую опору для пильной ленты. Между нижним основанием и гибким элементом направляющей установлен упругий элемент 6 с регулируемой жёсткостью. В тыльной стороне направляющей установлен поддерживающий ролик 7, который минимизирует поперечные деформации пильной ленты.

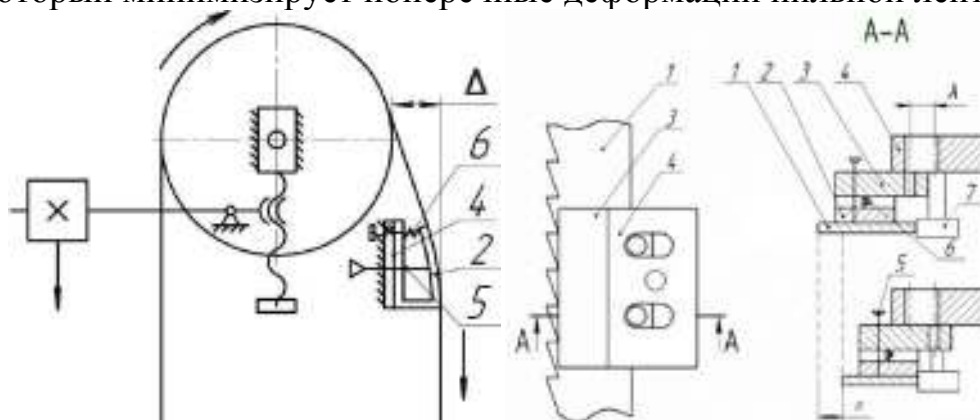


Рис. 1 – Отжимная аэростатическая направляющая

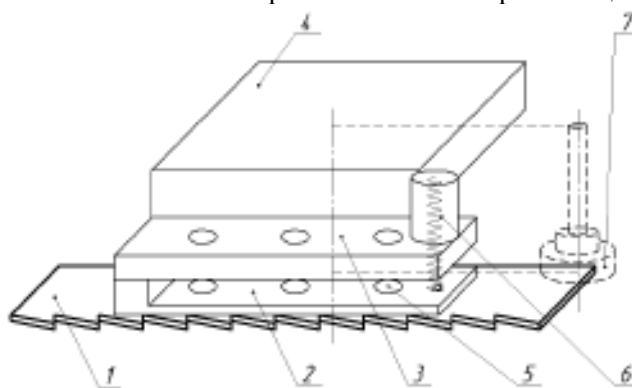


Рис. 2 – Общий вид отжимной аэростатической направляющей

Предложенная конструкция обеспечивает возможность применения отжимной аэростатической направляющей для ленточнопильного станка с узкой пильной лентой, эффективную работу направляющей такой конструкции на протяжении всего эксплуатационного срока пильной ленты, а также повышение сроков службы пильной ленты и значительного улучшения качества пиломатериалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дербин, М.В. Анализ конструкций направляющих ленточнопильных станков [Текст] / М.В. Дербин, В.М. Дербин, Р.Е. Яновский, К.Е. Сивков // Актуальные проблемы развития

лесного комплекса: Материалы международной научно-технической конференции. – Вологда: ВоГТУ, – 2014. – С 133-135.

2. *Дербин, М.В.* Определение формы отжимной аэростатической направляющей [Текст] // Опыт лесопользования в условиях Северо-Запада РФ и Фенноскандии: материалы международной научно-технической конференции, посвящённой 60-летию лесоинженерного факультета ПетрГУ. – Петрозаводск, 2011. С 12-13.

3. Пат. 2547709, Российская Федерация, МПК В 27 В 13/10. Отжимная направляющая ленточной пилы [Текст] / Дербин М.В., Дербин В.М, Яновский Р.Е., Сивков К.Е. – № 2014104068/13; заявл. 05.02.2014; опубл. 10.04.2015, Бюл. №10.

4. Пат. 2556911, Российская Федерация, МПК В 27 В 13/10. Отжимная направляющая ленточной пилы [Текст] / Дербин М.В., Дербин В.М, Яновский Р.Е., Сивков К.Е. – № 2014104888/13; заявл. 11.02.2014; опубл. 20.07.2015, Бюл. №20.

5. Пат. 2243087 Российская Федерация, МПК В 27 В13/10. Направляющая ленточнопильного станка [Текст] / Новосельцева И.В. - № 2003120014/03; заявл. 01.07.2003; опубл. 27.12.2004, Бюл. № 36.

6. Пат. 2366569 Российская Федерация, МПК В 27 В13/10. Отжимная аэростатическая направляющая ленточной пилы [Текст] / Прокофьев Г.Ф. - № 2007145962/03; заявл. 10.12.2007; опубл. 10.09.2009, Бюл. № 20.

7. Пат. 2458787, Российская Федерация, МПК В 27 В 13/00. Отжимная аэростатическая направляющая ленточной пилы [Текст] / Прокофьев Г.Ф., Дербин М.В., Дербин В.М. – № 2011107545; заявл. 25.02.2011; опубл. 20.08.2012, Бюл. №23.

ОЦЕНКА РАДИАЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПНЕВМОКОЛЕСА ПРИ КАЧЕНИИ ПО СЛАБОНЕСУЩЕМУ ГРУНТУ

Дмитриева М.Н., maryndmitrieva@gmail.com, Лухминский В.А., vladl1112@mail.ru, Казаков Д.П., kdp.manage@gmail.com, Кутузов Д.А., vtl-lta@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Ранее были получены соотношения, учитывающие совместные деформации шины и почвогрунта [1, 2], но они пригодны только для крупногабаритных шин шириной 0,6 – 0,8 м при нагрузках 35 – 55 кН. При прочих равных условиях на мягких почвогрунтах деформация шины будет меньше по значению, чем деформация шины на более прочных почвогрунтах [1, 2]. Это, в свою очередь, отразится на геометрических параметрах пятна контакта и, как следствие, на прочих показателях взаимодействия движителя с поверхностью движения. В разрабатываемой математической модели необходимо учесть взаимосвязь радиальной деформации шины малогабаритного лесного трактора и деформации сжатия почвогрунта.

Нормальное давление p находится по формуле [3 – 6]:

$$p = \frac{G_w}{bl} \quad (1)$$

где G_w – нагрузка на штамп.

В решаемой задаче ширину и длину штампа будем считать равными ширине и длине пятна контакта движителя с почвогрунтом, которые с учётом эластичности движителя рассчитываются по формулам [3 – 6]:

$$b = B + \frac{10h \cdot h_z}{1 - h + H_T - h_z} \quad (2)$$

$$l = \sqrt{dh_z - h_z^2} + \sqrt{d \cdot (h_z + h) - (h_z + h)^2} \quad (3)$$

где B – ширина колеса, d – диаметр колеса, H_T – высота шины, h_z – радиальная деформация колеса.

Обратимся к эмпирической формуле для расчета среднее давления по пятну контакта эластичной шины с поверхностью [2]:

$$p = \frac{p_w + p_0}{2} \cdot \frac{\pi h_z}{B} \cdot \left(\frac{B}{H_T} + \frac{3H_T}{B} \right) \cdot \left(1 - \frac{h_z}{B} \right) \quad (4)$$

где p_0 – среднее давление по пятну контакта шины с жёсткой поверхностью
Среднее давление p_0 найдём по формуле [2]:

$$p_0 = \frac{G_w}{Bl_0} \quad (5)$$

где l_0 – длина пятна контакта эластичного колеса и жёсткой поверхности.
Длину l_0 найдем из соотношения:

$$l_0 = \sqrt{Dh_{z0} - h_{z0}^2} \quad (6)$$

где h_{z0} – радиальная деформация колеса при контакте с жесткой поверхностью.
Величину h_{z0} рассчитаем по формуле Хейдекеля [2]:

$$h_{z0} = \frac{G_w}{\pi p_w \sqrt{Bd}} \quad (7)$$

Уравнения (1) – (7) объединим в систему. В системе содержатся неизвестные B, d, p_w, G_w, h, h_z . Зададимся целью получить приближенную зависимость для расчёта h_z по B, d, p_w, G_w, h . Будем варьировать переменные B, d, p_w, G_w, h в диапазонах, указанных в таблице 1, и решать систему уравнений (1) – (7) относительно h_z . Результаты расчёта аппроксимируем при помощи метода наименьших квадратов.

Таблица 1 – Факторы и диапазоны их изменения при определении радиальной деформации движителя

Фактор	Размерность	Диапазон
B	м	0,15 – 0,3
d	м	0,6 – 1,2
p_w	МПа	0,15 – 0,75
G_w	кН	5 – 25
h	м	0,01 – 0,3

В результате аппроксимации численных данных получим следующую зависимость:

$$h_z = 0,0487B^{0,375} G_w^{0,617} d^{-0,344} p_w^{-0,601} h^{-0,252} \quad (8)$$

Графически формула (8) проиллюстрирована на рисунке 1.

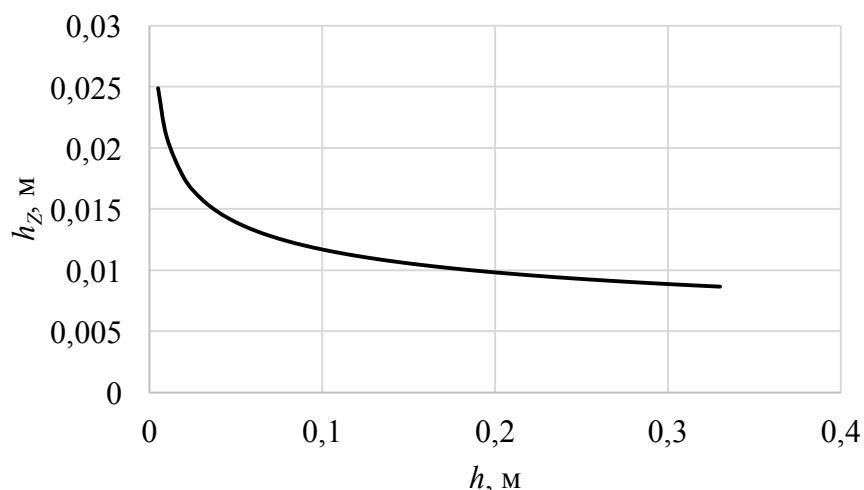


Рисунок 1 – Зависимость радиальной деформации движителя от глубины колеи ($B = 0,2$ м, $d = 0,8$ м, $G_W = 15$ кН, $p_W = 0,15$ МПа)

Переменные в формуле (8) имеют размерности СИ, размерности в таблице и в подрисуночной подписи приведены только для удобства записи.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Хитров Е.Г., Григорьев И.В., Хахина А.М. Повышение эффективности трелевки обоснованием показателей работы лесных машин при оперативном контроле свойств почвогрунта. Научное издание / Санкт-Петербург, 2015.

2. Хитров Е.Г., Григорьев И.В., Макуев В.А., Хахина А.М., Калинин С.Ю. Модель для оценки радиальной деформации колеса лесной машины с учетом деформации почвогрунта. Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. 2015. Т. 19. № 6. С. 87-90.

3. Хитров Е.Г., Хахина А.М., Дмитриева М.Н., Песков В.Б., Григорьева О.И. Уточненная модель для оценки тягово-сцепных свойств колесного движителя лесной машины. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2016. № 217. С. 108-119.

4. Хитров Е.Г., Хахина А.М., Григорьев И.В., Григорьева О.И., Никифорова А.И. Расчет тягово-сцепных свойств колесных лесных машин с использованием WES-метода. Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 3 (23). С. 196-202.

5. Хитров Е.Г., Бартенев И.М. Влияние угла поперечного наклона поверхности качения на тягово-сцепные свойства колесного движителя. Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 4 (24). С. 225-232.

6. Хитров Е.Г., Бартенев И.М. Расчет глубины колеи колесного движителя лесных тракторов на склонах. Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 4 (24). С. 233-239.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛАБОНЕСУЩИХ ГРУНТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Дмитриева М.Н., maryndmitrieva@gmail.com, Лухминский В.А., vlad1112@mail.ru, Казаков Д.П., kdp.manage@gmail.com, Кутузов Д.А., vtl-lta@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Лесозаготовительная техника работает в широком спектре почвенно-грунтовых условий, в том числе – и на заболоченных грунтовых поверхностях. Общее представление о свойствах подобных грунтов дают сведения [1].

Дополним эти данные оценками модуля сдвига G и времени релаксации напряжений t_p по формулам [1], [2]:

$$G \approx \frac{5E}{2 \cdot (1 + \nu)} \quad (1)$$

$$t_p = \frac{0,5}{\varphi} \quad (2)$$

Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-механические свойства заболоченных грунтов

Вид болота	Характеристика дернового покрова	$\varphi, ^\circ$	$C, \text{кПа}$	$E, \text{МПа}$	$G, \text{МПа}$	$t_p, \text{с}$
Моховое	Преобладают сфагновые мхи без кустарника	12 – 14	5 – 8	0,26 – 0,29	0,36 – 0,43	0,042 – 0,036
	Преобладают сфагновые мхи с кустарником	13 – 16	10 – 17	0,36 – 0,43	0,48 – 0,63	0,038 – 0,031
	Преобладают гипновые мхи с кустарником	11 – 15	8 – 14	0,29 – 0,34	0,43 – 0,57	0,045 – 0,033
Травяное	Осоковый покров с развитыми осоковыми кочками	18 – 20	26 – 45	1,05 – 1,58	0,84 – 1,26	0,028 – 0,025
	Осоковый покров с межкочечными понижениями	3 – 8	4 – 14	0,14 – 0,24	0,34 – 0,57	0,12 – 0,063
Лесное	Березово-лесной в межкочечных понижениях	5 – 7	4 – 10	0,09 – 0,14	0,34 – 0,48	0,1 – 0,071
Осушенное	Гипново-осоково-лесной	16 – 20	30 – 50	0,65 – 1,4	0,93 – 1,38	0,031 – 0,025

Данные, представленные в таблице 1, проиллюстрированы графиками на рисунках 1 – 4.

Величины C [кПа], φ [°], G [МПа] и t_p [с] можно, по аналогии с [2 – 7] с удовлетворительной точностью выразить через модуль деформации E [МПа] при помощи следующих аппроксимированных зависимостей:

$$C = 29,529E + 2,1744 \quad (3)$$

$$\varphi = 5,8121 \ln E + 18,572 \quad (4)$$

$$G = 0,6644E + 0,2989 \quad (5)$$

$$t_p = 0,0257E^{-0,514} \quad (6)$$

Полученные приближённые формулы будут использованы нами при моделировании взаимодействия колёсного движителя со слабонесущим основанием.

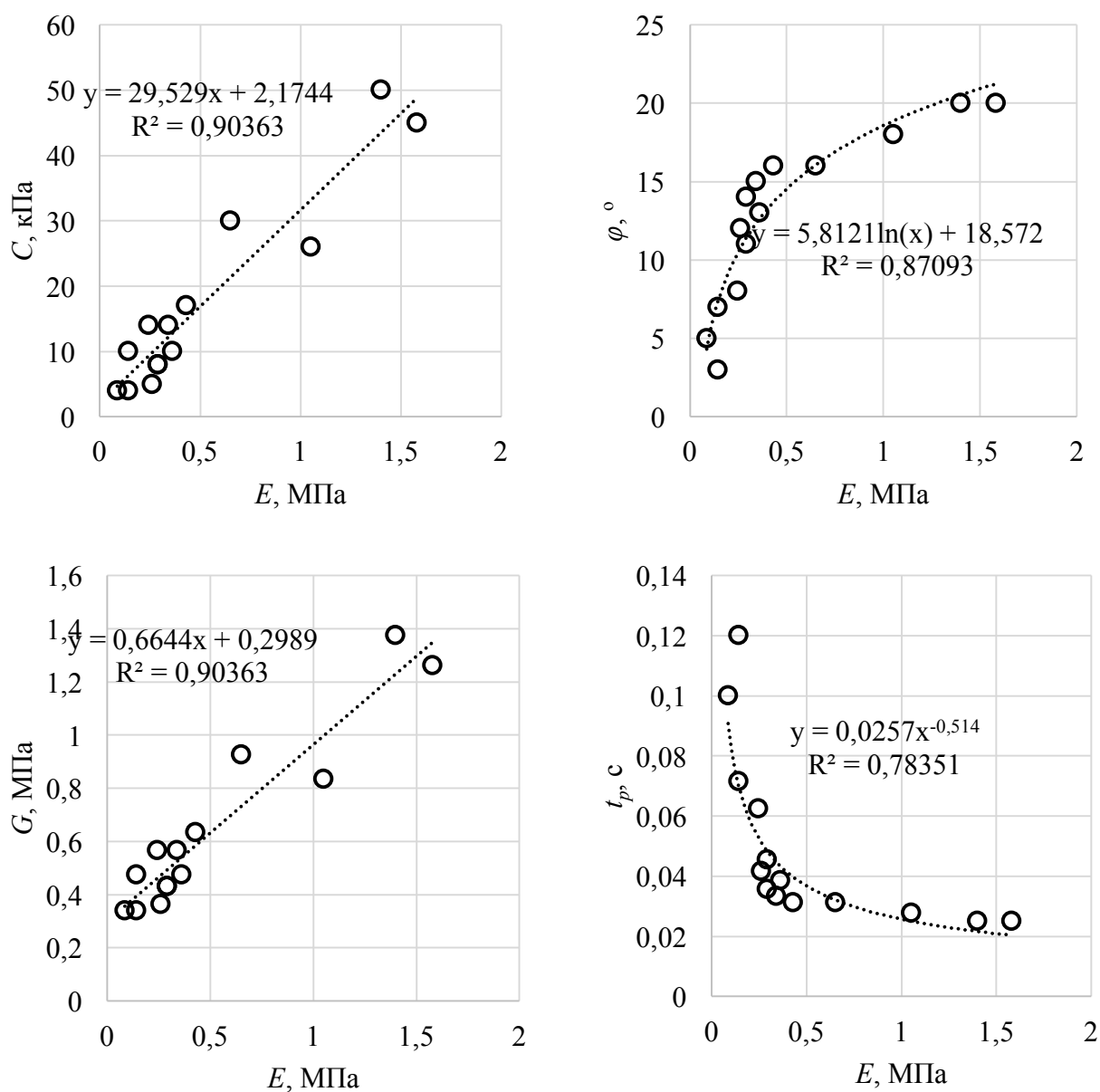


Рисунок 1 – Зависимость физико-механических свойств заболоченного почвогрунта от модуля деформации

ЛИТЕРАТУРА:

1. Агейкин Я.С. Проходимость автомобилей. М.: Машиностроение, 1981.-232 С.
2. Хитров Е.Г., Григорьев И.В., Хахина А.М. Повышение эффективности трелевки обоснованием показателей работы лесных машин при оперативном контроле свойств почвогрунта. Научное издание / Санкт-Петербург, 2015.
3. Хитров Е.Г., Хахина А.М., Орденко Л.В. Пенетрационные испытания и методика оперативного контроля свойств лесного почвогрунта. В книге: Леса России: политика, промышленность, наука, образование материалы научно-технической конференции. Под. ред. В.М. Гедьо. 2016. С. 169-172.

4. Хитров Е.Г., Хахина А.М., Дмитриева М.Н., Песков В.Б., Григорьева О.И. Уточненная модель для оценки тягово-сцепных свойств колесного движителя лесной машины. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2016. № 217. С. 108-119.

5. Хитров Е.Г., Хахина А.М., Григорьев И.В., Григорьева О.И., Никифорова А.И. Расчет тягово-сцепных свойств колесных лесных машин с использованием WES-метода. Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 3 (23). С. 196-202.

6. Хитров Е.Г., Бартенева И.М. Влияние угла поперечного наклона поверхности качения на тягово-сцепные свойства колесного движителя. Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 4 (24). С. 225-232.

7. Хитров Е.Г., Бартенева И.М. Расчет глубины колеи колесного движителя лесных тракторов на склонах. Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 4 (24). С. 233-239.

РАСЧЁТ ОСАДКИ ШТАМПА ПРИ ВДАВЛИВАНИИ В СЛАБОНЕСУЩИЙ ГРУНТ

Дмитриева М.Н., maryndmitrieva@gmail.com, Лухминский В.А., vlad1112@mail.ru, Казаков Д.П., kdp.manage@gmail.com, Кутузов Д.А., vtl-lta@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

При оценке прочности и деформаций почвогрунта воспользуемся такими параметрами, как модуль деформации E и несущая способность p_s [1, 2].

Модуль деформации определим по общей деформации почвогрунта, складывающейся из обратимой и необратимой составляющих [1, 2]:

$$E = \frac{\sigma}{\lambda} \quad (1)$$

где σ – нормальное напряжение, λ – относительная деформация.

Действительную деформацию почвогрунта определим по формуле [1 – 3]:

$$h = h_L \cdot \frac{p_s}{p_s - p} \quad (2)$$

где h_L – линейная деформация почвогрунта, p – нормальное давление.

Расчётная схема для определения линейной деформации почвогрунта представлена на рисунке 1.

Сжатие элементарного слоя с начальной толщиной dz_0 определим по формуле [3]:

$$dh_L = \lambda dz_0 \quad (3)$$

При этом толщина элементарного слоя в деформируемом состоянии:

$$dz = (1 - \lambda) dz_0 \quad (4)$$

Из решения уравнений (1), (3), (4) получим:

$$dh_L = \frac{\sigma}{E - \sigma} dz \quad (5)$$

Распределение напряжений в почвогрунте выразим зависимостью [1, 2]:

$$\sigma = \frac{Jp}{1 + \left(\frac{z}{ab}\right)^2} \quad (6)$$

где J – коэффициент учёта геометрических параметров штампа, a – коэффициент затухания напряжений в почвогрунте, b – ширина штампа.

Общая линейная деформация почвогрунта найдётся по формуле:

$$h_L = \int_0^{H-h_L} dh_L \quad (7)$$

где H – толщина деформируемого слоя почвогрунта.

Интеграл по формуле (7) с учётом выражения (5) имеет вид [3 – 7]:

$$h_L = \frac{-Jpab \operatorname{arctanh} \left(\frac{E(H-h_L)}{ab\sqrt{(Jp-E)E}} \right)}{\sqrt{(Jp-E)E}} \quad (8)$$

В соответствии с рекомендациями [1], примем толщину $H \rightarrow \infty$, тогда:

$$\lim_{H \rightarrow \infty} h_L = \frac{Jpab}{\pi\sqrt{E^2 - EJp}} \quad (9)$$

После подстановки предела по выражению (9) в уравнение (2), получим для действительной деформации почвогрунта:

$$h = \frac{p_s Jpab}{\pi(p_s - p)\sqrt{E^2 - EJp}} \quad (10)$$

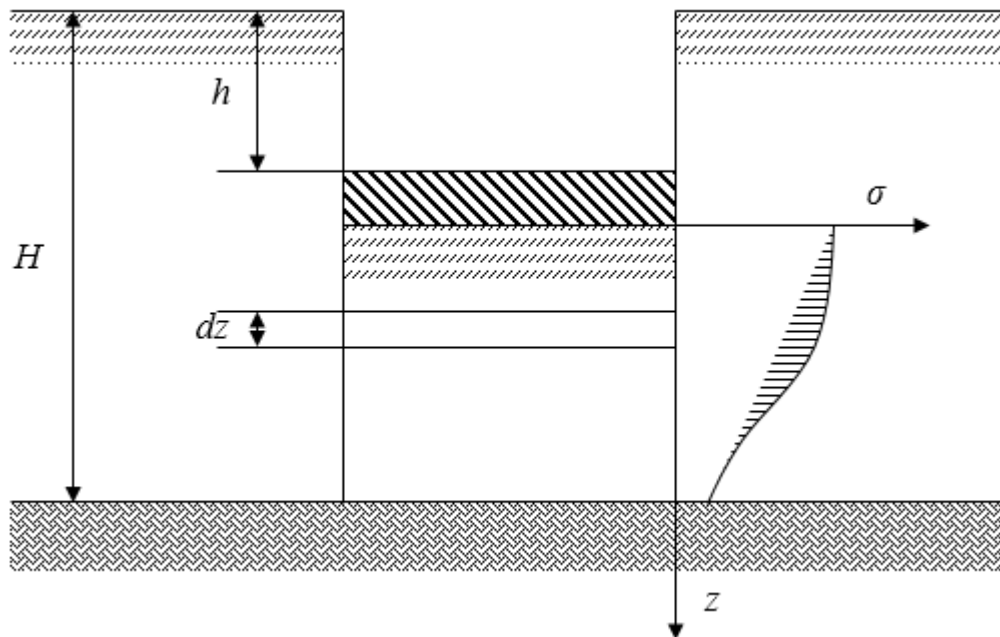


Рисунок 1 – Расчётная схема для определения линейной деформации почвогрунта

Важно заметить, что выражение (10) отличается от формул для h по [1 – 8], поскольку ранее в формуле (5) полагали $E - \sigma \approx E$, что некорректно для слабых почвогрунтов, у которых модуль деформации отличается низким значением и сопоставим с действующим нормальным напряжением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агейкин Я.С. Проходимость автомобилей. М.: Машиностроение, 1981.-232 С.

2. Хитров Е.Г., Божбов В.Е., Ильюшенко Д.А. Расчет несущей способности лесных почвогрунтов под воздействием колесных движителей. Системы. Методы. Технологии. 2014. № 4 (24). С. 122-126.

3. Хитров Е.Г., Хахина А.М., Дмитриева М.Н., Песков В.Б., Григорьева О.И. Уточненная модель для оценки тягово-сцепных свойств колесного движителя лесной машины. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2016. № 217. С. 108-119.

4. Хитров Е.Г., Григорьев И.В., Хахина А.М. Повышение эффективности трелевки обоснованием показателей работы лесных машин при оперативном контроле свойств почвогрунта. Научное издание / Санкт-Петербург, 2015.

5. Хитров Е.Г., Хахина А.М., Григорьев И.В., Григорьева О.И., Никифорова А.И. Расчет тягово-сцепных свойств колесных лесных машин с использованием WES-метода. Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 3 (23). С. 196-202.

6. Хитров Е.Г., Бартенев И.М. Влияние угла поперечного наклона поверхности качения на тягово-сцепные свойства колесного движителя. Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 4 (24). С. 225-232.

7. Хитров Е.Г., Бартенев И.М. Расчет глубины колеи колесного движителя лесных тракторов на склонах. Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 4 (24). С. 233-239.

8. Никифорова А.И., Хитров Е.Г., Пельмский А.А., Григорьева О.И. Определение осадки при движении лесозаготовительной машины по двуслойному основанию. Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2014. № 2 (139). С. 87-91.

УЧЁТ ДИАПАЗОНОВ РАСЧЁТНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ЛЕСНЫХ ДОРОГАХ

Кондратьев А.Н., Виноградов А.Ю., Салминен Э.О.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

1. Оценка ошибок расчётов. В настоящее время расчётные значения гидрометеорологических характеристик используются при проектировании без учёта возможных неточностей, ошибок, случайного разброса, неоднородности, пульсаций, изменчивости и т.п. При этом для проектирования водопропускных сооружений на лесных дорогах интересны не средние, а экстремальные границы возможных диапазонов характеристик.

Появляется противоречие: с одной стороны, при проектировании водопропускных сооружений на лесных дорогах используются средние расчётные значения, с другой стороны, в реальности могут наступать различные значения в пределах некоторого диапазона, в том числе, могут достигаться и верхние границы диапазонов.

В этом заключается основная идея – оценивать возможные ошибки, затем переходить от средних значений к диапазонам и, в результате, иметь возможность использовать в проектировании те или иные расчётные значения в зависимости от уровня ответственности сооружения.

2. Максимальные расходы воды. Начало использования теории вероятностей к расчётам расходов воды связано с работами А. Хазена, который использовал кривую Гаусса и нормальные клетчатки вероятностей. Д.Л. Соколовский установил асимметричность распределения и начал использовать кривую Пирсона III типа. Однако у кривой Пирсона III типа был недостаток – она

простирались в отрицательную область. Для устранения этого недостатка С.Н. Крицкий и М.Ф. Менкель преобразовали кривую [8]. В рамках статистических методов достаточно хорошо разработан аппарат по расчёту ошибок расчётов [7]. Однако он так и остался в теоретических представлениях, без практического использования в практике проектирования водопропускных сооружений на лесных дорогах.

С начала 1980-х годов наметился переход на методики нового поколения, работой над которыми занимались Б.В. Бабилов, М.В. Болгов, Ю.Б. Виноградов, А.Н. Гельфан, А.Н. Минаев, В.А. Иванов, А.А. Камусин, Ю.В. Карпечко, Л.С. Кучмент, П.М. Мазуркин, Ю.Г. Мотовилов, М.М. Овчинников, Э.О. Салминен и др. По пути модернизации способов расчёта расходов воды для проектирования водопропускных сооружений на лесных дорогах разрабатываются новые методы в Санкт-Петербургском государственном лесотехническом университете (Э.О. Салминен и др.[9]). А.Ю. Виноградов разработал методику расчёта предельного максимального расхода воды, которая позволяет получить значение максимально возможного для данного ландшафта паводка. На основании этого даны рекомендации по проектным ограничениям при строительстве лесохозяйственных инженерных сооружений [2].

В нашей работе выяснено, что при расчёте максимальных расходов воды для проектирования водопропускных сооружений на лесных дорогах необходимо учитывать погрешности разного рода. Ошибка расчёта по эмпирическим формулам при отсутствии данных может достигать 40 и более % [3].

Также показана необходимость учёта временных изменений определяющих факторов при расчёте максимальных расходов воды при проектировании водопропускных сооружений на лесных дорогах. Существование если не глобальных, то локальных изменений климата и параметров подстилающей поверхности общепризнано. Расчёты по фактическим створам рек показали, что изменения параметров водосборов и самих водотоков за несколько десятков лет могут привести к изменению расчетных расходов воды в 2 раза.

3. Размыты берегов водотоков. Все современные нормативные документы по прогнозу русловых процессов имеют единую основу: гидролого-морфологическую теорию русловых процессов, разработанную в Государственном гидрологическом институте (ГГИ) в 1960–1980 гг. под руководством Н.Е. Кондратьева и И.В. Попова [4]. В то время эти разработки были революционными и заметно улучшили методы прогноза русловых процессов, выделив 7 типичных схем деформаций речных русел (типов русловых процессов). Классификация ГГИ была первой, которая оперировала не формой русла, а схемой деформаций, дав возможность делать прогноз. На основе этой типизации были созданы нормативы для больших аллювиальных рек, которые были интересны для строительства крупных гидротехнических сооружений во второй половине XX века. Осталась проблема с размывами берегов на малых водотоках, так как малые водотоки в существующих нормативных документах совершенно не рассматриваются (ВСН 163-83, ПМП-91 и др.).

В существующих нормативных документах по русловым процессам понятия вероятности, случайности для размывов берегов и дна рек не используются. При расчёте размывов берегов применяются константы скоростей, без учёта статистической неравномерности. Статистические методы в русловых процессах использовались, главным образом, для оценки кривых распределения геометрических параметров, таких как шаг излучин, длина побочной и ленточных гряд (И.В. Попов [6], М.И. Кривошей [5]). Эти результаты не применимы для запросов практики, в которых интересны не геометрические параметры, а скорости размыва. Заметный шаг по применению статистики в русловедении сделал В.И. Антроповский [1]. Он впервые использовал статистические подходы к анализу не геометрических параметров русла, а к динамике размывов берегов. Необходимо далее развивать статистические подходы с внедрением статистических методов для расчёта размывов берегов малых лесных рек.

Авторами выполнена статистическая обработка фактических годовых размывов берегов рек, что сделано впервые. Получены статистические характеристики. В частности, выяснено, что отношение 1% значения размыва к среднему значению (модульный коэффициент $K_{\text{макс}}$) составляет $K_{\text{макс}} = 1,15 \div 2,05$, то есть, максимальный размыв на период эксплуатации 30 лет может в 2 раза превысить среднее значение. Следовательно, для особо ответственных сооружений (крупных лесоперерабатывающих и целлюлозно-бумажных предприятий) следует принимать максимальный размыв в 2 раза больше «среднего».

4. Выводы. Существующие методы расчёта, как максимальных расходов воды, так и размывов берегов водотоков разработаны 50-80 лет назад. При проектировании водопропускных сооружений на лесных дорогах требуется внедрение современных подходов, в частности, достаточно простых статистических методов:

1) Необходимо учитывать погрешности разного рода и временные изменения определяющих факторов при расчёте максимальных расходов воды.

2) При проектировании водопропускных сооружений на лесных дорогах необходимо учитывать неравномерность размывов берегов водотоков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антроповский В.И. Гидролого-морфологические закономерности и фоновые прогнозы переформирования русел рек. – СПб.: Крисмас+, 2006. – 216 с.

2. Виноградов А.Ю. Современные проблемы инженерно-гидрологических изысканий при проектировании лесных дорог. – СПб.: Издательство СПбГЛТУ, 2012. – 145 с.

3. Кондратьев А.Н. Учёт рисков при оценке русловых деформаций для проектирования водопропускных сооружений на лесных дорогах // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2017. Вып. 218. С. 105–120.

4. Кондратьев Н.Е., Попов И.В., Смищенко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 272 с.

5. Кривошей М.И. Применение статистических и вероятностных методов к анализу плановых деформаций свободномеандрирующих рек // Труды ГГИ. Вып. 195, 1972. С. 33-51.

6. Попов И.В. Количественные показатели руслового процесса различного типа // Труды ГГИ. Вып. 116, 1964. С. 32–81.

7. Рождественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В. Оценка точности гидрологических расчётов. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 279 с.

8. Рождественский, А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. – Л.: Гидрометиздат, 1974. – 424 с.

9. Салминен, Э.О. и др. Сухопутный транспорт леса: учеб. пособие для вузов / под общ. ред. Салминена Э.О. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 368 с.

ЭНЕРГОЗАТРАТЫ НА РЕАЛИЗАЦИЮ КАСАТЕЛЬНОЙ СИЛЫ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА В ТРАНСПОРТНОМ РЕЖИМЕ

Спиридонов С.В., svslta@yandex.ru, Дурманов М.Я., PSLM218@yandex.ru
Михайлов О.А., lts55@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Создание современных лесохозяйственных машинно-тракторных агрегатов (МТА) требует использования многофакторных математических моделей для моделирования технологических процессов и оценки показателей эксплуатационной эффективности трактора и агрегатов [1]. Наиболее информативными показателями являются реализуемые касательная сила тяги и мощность, т.к. они определяют часовой расход топлива, расход масла на угар и скорость изнашивания пар трения двигателя и элементов трансмиссии.

Анализ результатов моделирования различных режимов работы МТА [2,3] показал, что транспортный режим, хоть и является сравнительно непродолжительным [4], но весьма энергозатратным.

Основным внешним воздействием в модели функционирования МТА в транспортном режиме является профиль поверхности вырубki. Микрорельеф пути можно рассматривать как стационарный эргодический случайный процесс, характеризуемый корреляционной функцией и спектральной плотностью. Профиль вырубki влияет на неравномерность хода рабочих органов, линейные и угловые колебания всего агрегата. При изучении динамики МТА воздействие микропрофиля пути зависит также от скорости движения.

Касательная сила МТА с гусеничным движителем в транспортном режиме $F_{\hat{e}}^{\dot{\omega}, \nu_0}$ состоит из регулярной (средней) составляющей $F_{\hat{e}\hat{o}}^{\dot{\omega}}$ и переменной – $F_{\hat{e}}^{\dot{\omega}}(\omega)$, являющимися реакцией на внешние воздействия:

$$F_{\hat{e}\hat{i}}^{\dot{\omega}} = mg(\sin \alpha + f_{\hat{o}\hat{e}} \cos \alpha); \quad (1)$$

$$F_{\hat{e}}^{\dot{\omega}}(\omega) = F_{\hat{n}}^{\dot{a}} \cdot \dot{A}_4 \omega |U_{11}(j\omega)| + f_{\hat{o}\hat{e}} \left| \Theta_{\hat{a}}^{\dot{\omega}}(j\omega) \right|, \quad (2)$$

где $m = m_T + m_{\text{пл}}$ - масса МТА; $U_{11}(j\omega)$ - передаточная функция частоты вращения энергосилового устройства МТА по возмущающему воздействию; $\Theta_{\hat{a}}^{\dot{\omega}}(j\omega)$ - передаточная функция динамической составляющей силы от колебаний остова трактора в транспортном режиме; F_c^a - амплитуда динамической составляющей нагрузки; ω - частота колебаний нагрузки на ведущих звездочках.

Суммарная величина переменной составляющей касательной силы по всему спектру частот ω колебаний нагрузки на ведущих звездочках определяется интегралом

$$F_{\hat{\epsilon}\Sigma}^{\dot{\delta}}(\omega) = \frac{1}{\lambda_{\text{сн}}} \int_{\omega=0}^{\omega=20} \left[F_{\hat{n}}^{\dot{a}} \cdot \dot{A}_4 \omega |U_{11}(j\omega)| + f_{\dot{\delta}\hat{\epsilon}} \left| \Theta_{\hat{a}}^{\dot{\delta}}(j\omega) \right| \right] d\omega, \quad (3)$$

где $\lambda_{\text{сн}}$ - низшая собственная частота системы.

С учетом формулы (3) определяется количество энергии \dot{Y}_{Σ}^T , затрачиваемой на реализацию регулярной и динамической составляющих касательной силы

$$\dot{Y}_{\Sigma}^T = v_{\hat{i}} \cdot \left[F_{\text{к0}}^T + F_{\text{к}\Sigma}^T(\omega) \right]. \quad (4)$$

Подставляя в (2) и (3) значения $|U_{11}(j\omega)|$, $\left| \Theta_{\hat{a}}^{\dot{\delta}}(j\omega) \right|$ [3], вычисляем амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) касательной силы в транспортном режиме при движении МТА на базе трактора ЛХТ-100 на вырубке с плугом ПКЛ-70-4 на четвертой передаче, при следующих исходных данных: $i_T = 21,27$; $R = 0,238$ м; $z_H = 0,03$ м; $\alpha = 3^\circ$; $m_T = 10400$ кг; $m_{\text{пл}} = 520$ кг; $f_{\text{тк}} = 0,18$; $n_0 = 0,8 n_H$; $n_H = 1900$ мин $^{-1}$; $N_{\text{сн}} = 88$ кВт; $F_c^a = 72$ Н; $c_1 = 1400$ кН/м; $\dot{A}_4 = (\pi R m) / 30 i_T$.

Результаты моделирования представлены поверхностями состояния АЧХ касательной силы МТА (рис.1), для заданных конструктивных параметров. Объем, ограниченный поверхностью состояния АЧХ и осями координат, рассматривается как энергия, часть которой расходуется на реализацию регулярной касательной силы, а другая - как потери на динамическую составляющую касательной силы. Выполняя сечения в продольно-вертикальной плоскости (рис.2) при любом фиксированном значении регулярной скорости v_0 движения МТА и по всему диапазону частот ω колебаний нагрузки на ведущих звездочках можно вычислить регулярную составляющую $F_{\hat{\epsilon}0}^{\dot{\delta}}$ и динамическую составляющую $F_{\hat{\epsilon}}^{\dot{\delta}}(\omega)$ касательной силы.

В транспортном режиме при скорости движения $v_0 = 1,8$ м/с АЧХ касательной силы МТА имеет три экстремума (рис. 2, кривая 1). Первая частота $\omega_c = 2,9$

с^{-1} соответствует собственной частоте колебаний частоты вращения двигателя, вторая и третья (8,9 и 18,7 с^{-1}) - собственные частоты колебаний поддресоренной массы МТА в продольно-вертикальной плоскости. Установка гасителя колебаний рейки топливного насоса (РТН) двигателя [1] способствует снижению амплитуды на частоте $\omega_c = 2,9 \text{ с}^{-1}$ до 1,09 кН (рис. 2, кривая 3). В сравнении с пахотным [2], транспортный режим характеризуется семикратным ростом компонент динамических составляющих от вертикальных колебаний поддресоренной массы МТА: касательной силы $F_{\hat{\epsilon}}^{\dot{\delta}}(\omega)$ - с 6,80 до 48,08 кН, и затрат энергии $\dot{Y}^T(\omega)$ - с 12,24 до 86,55 кДж/с, при жесткости подвеса $c_1 = 1400$ кН/м [3].

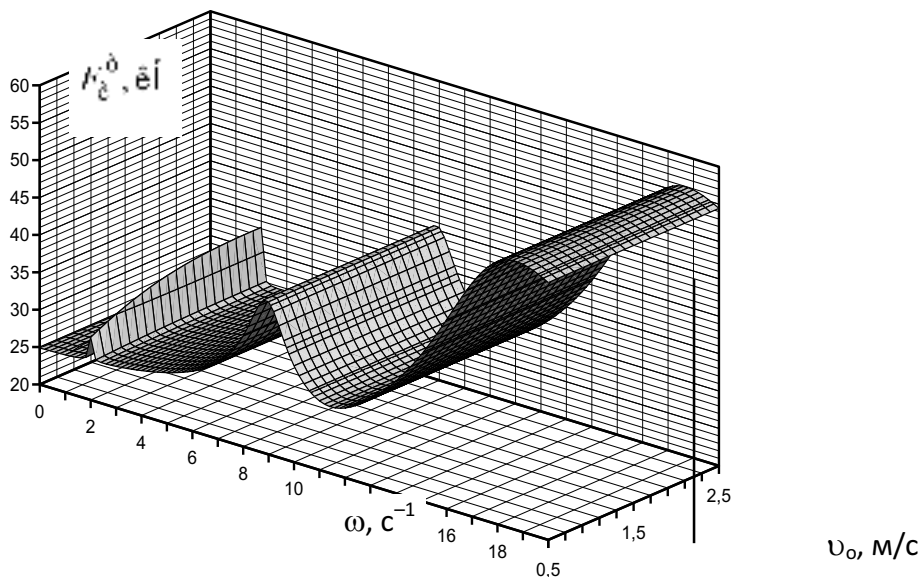


Рис. 1. Поверхности состояния АЧХ касательной силы МТА «ЛХТ-100 + плуг ПКЛ-70-4» в транспортном режиме в зависимости от скорости движения ($c_1=1400$ кН/м)

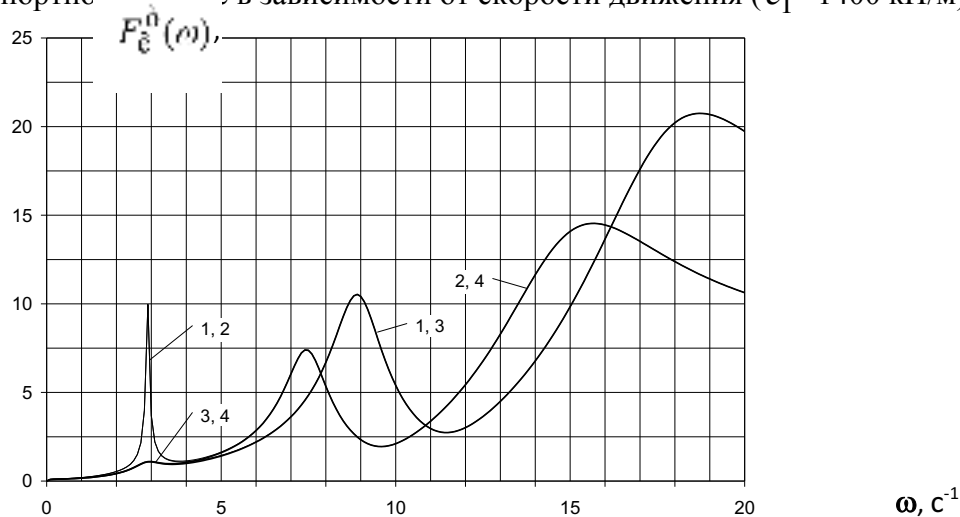


Рис. 2. АЧХ касательной силы МТА «ЛХТ-100 + плуг ПКЛ-70-4» в транспортном режиме ($v_0=1,8$ м/с):

- 1, 2 – без гасителей колебаний в системе поддресоривания МТА и РТН;
- 3, 4 – с гасителями колебаний в системе поддресоривания МТА и РТН;
- 1, 3 – при жесткости $c_1=1400$ кН/м; 2, 4 – при жесткости $c_1=980$ кН/м

Основной причиной роста динамических составляющих от вертикальных колебаний поддресоренной массы МТА является активное влияние массы плуга на жестком подвесе и большом вылете на амплитуду колебаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антипин, В. П. Энергозатраты машинно-тракторного агрегата / В.П. Антипин. – СПб.: СПбГПУ, 2012. - 324 с.
2. Власов, Е.Н. Определение количества энергии, затрачиваемой на реализацию касательной силы трактора ЛХТ-100 в пахотном режиме / Е.Н. Власов [и др.] // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 212.- СПб.: СПбГЛТУ, 2015.- С. 104-112.
3. Власов, Е.Н. Затраты энергии на реализацию касательной силы трактора ЛХТ-100 в транспортном режиме / Е.Н. Власов [и др.] // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 213.- СПб.: СПбГЛТУ, 2015.- С. 138-147.

4. Гуцелюк, Н.А. Технология и система машин в лесном и садово-парковом хозяйствах: учебное пособие / Н.А. Гуцелюк, С.В. Спиридонов.- СПб.: Проффикс, 2008.- 696 с.

ТОПЛИВНЫЕ БРИКЕТЫ ИЗ ОТХОДОВ ЛЕСОПЕРЕРАБОТКИ

Чибирев О.В., olegchibirev@yandex.ru, Кацадзе В.А., tlzp@mail.ru, Власов Ю.Н., gnavlasov@yandex.ru, Кучер С.В., suroga.kucher@gmail.com

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Брикеты представляют собой плотные куски, полученные из сыпучей древесины либо, реже, измельченной коры, путем её прессования [1 – 4]. В настоящее время распространены технологии брикетирования без применения связующих веществ, так как при этом получается экологически чистый брикет – полагается, что в качестве естественного связующего при брикетировании выступает лигнин, выделяющийся из клеток древесины под действием давления и температуры [1 – 4].

Технологические процессы брикетированию могут включать в себя следующие основные операции: транспортировку сырья к брикетной установке; измельчение крупных древесных отходов; сепарацию (сортировку по крупности); сушку; термообработку; прессование (формирование брикета); хранение и транспортировку к месту потребления [1 – 4].

Перечисленные выше операции применяются не во всех технологических процессах брикетирования.

К топливным брикетам предъявляются определенные требования, регламентированные стандартами. Например, в таблице 1 представлены технические требования к топливным брикетам, разработанные в России.

Таблица 1

Технические требования к топливным брикетам [1]

Показатель	Нормы для сортов		
	Высший сорт	I сорт	II сорт
Влажность, не более, %	5	5-10	10-18
Зольность, не более, %	5	5	5
Низшая удельная теплота сгорания, МДж/кг	16,7-23	14,6-16,7	13,8-14,6
Плотность, не менее, кг/м ³	950	950	950
Массовая доля мелочи (куски размером менее 25 мм), не более, %	5	5	5
Длина, мм	80-400		
Диаметр, мм	40-90		

Следует признать, что за рубежом вопросам сертификации биотоплива уделяется больше внимания. В различных странах были в разное время введены различные стандарты, например: США - Standard Regulations & Standards for Pellets in the US: The PFI; Великобритания - The British BioGen Code of Practice for biofuel; Швейцария - SN 166000; Швеция - SS 187120; Австрия - ONORM M 7135; Германия DIN 51731 и DIN plus.

В 2011 году введены новые стандарты качества биотоплива EN 14961-2. Сведения из стандарта приведены в таблице 2.

Требования к топливным брикетам по стандарту EN 14961-2

Показатель	Ед. изм	Класс брикета		
		А		В
		1	2	
Сырьё	-	Стволовая древесина и её отходы, не подвергавшиеся химической обработке	Вся биомасса дерева за исключением корней; стволовая древесина; лесосечные отходы; кора; отходы лесопереработки, не подвергавшиеся химической обработке	Плантационная древесина; отходы лесопереработки без ограничений; древесный утиль
Влажность	%	< 12	< 15	< 15
Зольность	%	< 0,7	< 1,5	< 3,0
Плотность	г/с м ³	> 1	> 1	> 0,9
Теплотворная способность	МДж/кг	> 15,5	> 15,3	> 14,9

Резюмируя сведения таблицы 2, отметим, что топливные брикеты должны иметь плотность свыше 1 г/см^3 , влажность до 15 % и зольность в пределах 0,7 – 3 %, допускается содержание в брикетах коры.

Низшую теплоту сгорания оценим по формуле Д.И. Менделеева [1]:

$$Q_H = 339C + 1031H - 109O - 25W \quad (1)$$

где C – процентное содержание углерода в коре по массе, H – процентное содержание водорода, O – процентное содержание кислорода, W – относительная влажность материала брикета.

По формуле (1) при $C = 42 \%$, $H = 8 \%$, $O = 50 \%$ получим график, представленный на рисунке 1.

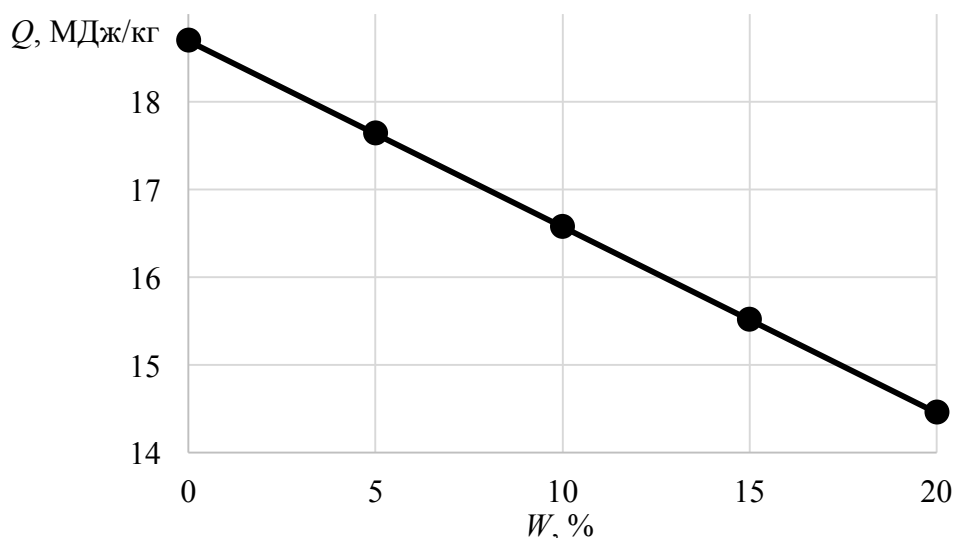


Рисунок 1 – Рабочая теплотворная способность древесины в зависимости от относительной влажности

График показывает, что при влажности ниже 15 % требование к минимальной теплотворной способности брикетов автоматически выполняется.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коршак А.В., Бирман А.Р., Онегин В.И., Хитров Е.Г. Брикетирование опилок на прессах ударного типа. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2010. № 191. С. 144-151.
2. Бирман А.Р., Коркка А.А., Хитров Е.Г., Пятакин В.И., Коршак А.В., Варокосов М.Ю. Устройство для изготовления древесных брикетов. Патент на полезную модель RUS 96350 11.05.2010.
3. Коршак А.В., Бирман А.Р., Хитров Е.Г., Коркка А.А., Селимов А.М. К вопросу повышения надежности оборудования лесоперерабатывающего комплекса. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2010. № 191. С. 144-151.
4. Куницкая О.А., Хитров Е.Г., Ильюшенко Д.А. Уплотнение древесных материалов под действием ударной нагрузки. Научное обозрение. 2012. № 4. С. 121-127.

СОВРЕМЕННОЕ ПРЕССОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ БРИКЕТИРОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Чибирев О.В., olegchibirev@yandex.ru, Кацадзе В.А., tlzp@mail.ru, Власов Ю.Н., gnvlasov@yandex.ru, Кучер С.В., suroga.kucher@gmail.com
Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Основным оборудованием, определяющим производительность участка по производству брикетов, являются прессы [1, 2]. Известны прессы для брикетирования древесных отходов следующих конструкций: штемпельные с открытой матрицей; копровые; шнековые; гидравлические; ротационные; ударно-механические [1 – 4]. Копровые и ротационные прессы не получили распространения [3 – 6].

В таблице 1 кратко изложены сведения о преимуществах и недостатках распространенных типов прессов для брикетирования.

Гидравлические прессы считаются наиболее надёжными и безопасными для оборудования современных, высокопроизводительных брикетных станций. Технические характеристики модельного ряда прессов фирмы RUF представлены в таблице 2.

Характеристики прессов других производителей (например, Hoescher Polytechnik, C.F. Nielsen, Schuko, CO.MA.FER S.p.a, Mischi Maschinen) схожи с представленными в таблице 2: максимальное давление прессования составляет свыше 150 МПа, что достаточно для производства брикетов с высокой плотностью, свыше 1,2 г/см³, однако производительность прессов, как правило, ниже.

Таблица 1

Преимущества и недостатки различных конструкций прессов

Тип пресса	Недостатки	Достоинства
Шнековый	<p>Высокое потребление электроэнергии</p> <p>Износ подающего шнека</p> <p>Необходимость постоянного регулирования шнекового зазора во время работы пресса</p> <p>Необходимость охлаждения брикетов после прессования и нагрева</p> <p>Требуется высококвалифицированный персонал для обслуживания пресса</p>	<p>Привлекательный вид изготовленных брикетов</p> <p>Высокая плотность брикетов</p> <p>Брикеты влагоустойчивы</p>
Гидравлический	<p>Сравнительно высокая стоимость пресса</p>	<p>Высокая надежность в сравнении со шнековыми прессами;</p> <p>Отсутствие необходимости менять шнек или выполнять наплавку на него</p> <p>Низкое потребление электроэнергии</p> <p>Отсутствие необходимости охлаждать брикеты</p> <p>Отсутствие необходимости устанавливать системы дымоудаления</p> <p>Возможность мгновенного запуска оборудования</p> <p>Высокая пожаробезопасность</p> <p>Возможность брикетирования сырья широкого диапазона фракций</p>
Ударно-механический	<p>Возможность брикетировать только однородное сырьё</p> <p>Сырьё для брикетирования должно быть влажностью 12-14 %</p>	<p>Высокая производительность (до 3000 кг/час)</p>
Штемпельный с открытой матрицей	<p>Ограничение конечной плотности получаемых брикетов из-за незначительной величины подпора прессуемой массы в коротких открытых матрицах</p> <p>Возможность брикетировать только однородное сырьё</p>	<p>Низкая стоимость пресса</p>

Таблица 2

Технические характеристики модельного ряда прессов фирмы RUF

Технические данные	RUF100	RUF200	RUF400	RUF600	RUF1100	RUF1500
Производительность, шт./мин	2,5	4	7	11	10	7,5
Производительность, кг./час	121,5	194,4	340,2	534,6	907,2	1544,4
Влажность материала, %	<15	<15	<15	<15	<15	<15
Мощность двигателя, кВт	7,5	11	22	37	55	90
Максимальное удельное давление, МПа	171,1	171,1	171,1	171,1	177,6	170
Габариты брикета (мм) (длина x ширина, высота)	150 x 60, 40 - 110	150 x 60, 40 - 110	150 x 60, 40 - 110	150 x 60, 40 - 110	240 x 70, 40 - 110	260 x 100, 80 - 140
Габариты пресса без бункера (мм) (длина x ширина x высота)	2700 x 1600 x 2000	2700 x 1600 x 2000	2700 x 1900 x 2100	2000 x 2000 x 2100	2600 x 2300 x 2100	2900 x 3300 x 2257
Вес агрегата, кг	2500	2800	3500	4200	6300	11000

В таблице 3 представлены ориентировочные сведения, дающие представление о рентабельности производства биотоплива с использованием гидравлического пресса.

Таблица 3

Оценка рентабельности продукции брикетного производства

Технические параметры	Единица измерения	Количество
Задаваемые параметры		
Количество брикетов в час	шт/ч	660
Номинальная потребляемая электроэнергия	кВт/ч	30
Вес брикета	кг	0,83
Количество рабочих часов в сутки	ч	22
Количество рабочих дней в месяце	дн	26
Вычисляемые параметры		
Количество произведенных тонн в месяц	т	313
Количество отработанных часов в месяц	ч	572
Экономические параметры	RUR	EUR
Задаваемые параметры		
Цена электроэнергии за кВт	2	0,03
Цена упаковочного материала на 1 т брикетов	280	4,31
Цена сырья на 1т брикетов	400	6,15
Брутто-зарплата рабочим на 1т брикетов	200	3,08
Вычисляемые расходы за месяц		

Электроэнергия	34320	528,00
Упаковочный материал	87640	1348,31
Брутто-зарплата рабочим	62600	963,08
Сырьё	125200	1926,15
Расходы на сервис оборудования (приблизительно 1 EUR/час)	37180	572,00
Дополнительные расходы		
Аренда помещения в месяц	0	0
Рентабельность производства	RUR	EUR
Цена брикетов за тонну	6500	100
Реализация в месяц	2034500	31300
Себестоимость 1т брикетов	1108,43	17,05
Себестоимость производства в месяц	346940	5337,54
Прибыль от реализации 1 тонны брикетов	5391,57	82,95
Прибыль в месяц	1687561,41	25963,35

ЛИТЕРАТУРА

1. Коршак А.В., Бирман А.Р., Онегин В.И., Хитров Е.Г. Брикетирование опилок на прессах ударного типа. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2011. № 197. С. 175-181.
2. Куницкая О.А., Хитров Е.Г., Ильюшенко Д.А. Уплотнение древесных материалов под действием ударной нагрузки. Научное обозрение. 2012. № 4. С. 121-127.
3. Бирман А.Р., Коркка А.А., Хитров Е.Г., Пятакин В.И., Коршак А.В., Варокосов М.Ю. Устройство для изготовления древесных брикетов. Патент на полезную модель RUS 96350 11.05.2010.
4. Коршак А.В., Бирман А.Р., Хитров Е.Г., Коркка А.А., Селимов А.М. К вопросу повышения надежности оборудования лесоперерабатывающего комплекса. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2010. № 191. С. 144-151.
5. Бирман А.Р., Хитров Е.Г., Тамби А.А., Власов Ю.Н. Устройство для раскряжевки лесоматериалов. Патент на полезную модель RUS 113691 28.10.2011
6. Бирман А.Р., Сергеевичев В.В., Власов Ю.Н., Хитров Е.Г. Пути совершенствования технологии и оборудования раскряжевки круглых лесоматериалов. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2012. № 198. С. 110-118.

**Секция «Основные направления развития логистики
в лесопромышленном комплексе»**

К РАСЧЕТУ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ПЕРЕХОДНОГО ТИПА ЛЕСНЫХ ДОРОГ

Артемьев В.В., artemev.vladislav@gmail.com; Вальдер М.А., vtkglt@mail.ru
Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

В стратегии развития лесопромышленного комплекса РФ на период до 2025г определены основные направления – повышение эффективности лесопользования, глубокая переработка древесного сырья, интенсивное строительство дорог и обеспечение дорожно-строительными материалами регионов заготовки древесины.

В современных рыночных условиях, для успешного развития любого лесозаготовительного предприятия, базирующегося на арендных лесных массивах необходимо полное использование всех доступных материалов и отходов. Эта проблема актуальна как для лесной отрасли, где стоит проблема переработки отходов лесопиления и лесосечных отходов, так и для других отраслей экономики.

Эксплуатационное состояние лесных дорог требует использования в конструктивных слоях дорожных одежд прочных и надежных дорожно-строительных материалов и новых технологий строительства основанных на использовании новых дорожно-строительных материалов, отвечающих современным требованиям.

Современные методы организации лесопромышленного производства требуют принципиально новых подходов к проектированию лесных автомобильных дорог, предназначенных не только для вывозки древесины, но и для транспортного обеспечения процессов лесопользования, возобновления и охраны лесных ресурсов.

Существующие лесные автомобильные дороги на большей протяженности характеризуются низким качеством покрытия, что ставит нас перед необходимостью проведения большого объема работ по капитальному ремонту, реконструкции и строительству новых дорог, в том числе магистралей с усовершенствованными покрытиями. Дорожное строительство является весьма материалоемким. Стоимость строительных материалов на месте их применения достигает 50-60% общей стоимости работ, в связи с чем, проблема сокращения материалоемкости, бережного использования материальных ресурсов является крайне актуальной.

Важным фактором повышения экономической эффективности дорожного строительства является экономия первичных материальных ресурсов и вовлечение в хозяйственный оборот вторичного сырья и методов укрепления местных грунтов. Расширение ресурсной базы ДСМ и уменьшение этой статьи расходов возможно за счет использования промышленных отходов.

В качестве ДСМ при строительстве лесных дорог традиционно использовались отходы различных отраслей промышленности: золы уноса, шлаки, лесохимические добавки, древесные отходы и т.д.

Значительное протяжение лесных дорог обусловлено наличием грунтовых дорог, построенных из местных связных грунтов. Данные дороги относятся к дорогам с дорожной одеждой низшего типа, так как дорожная одежда отсутствует. Проезд автопоезда осуществляется по земляному полотну. В весенний период и дождливые сезоны такие дороги становятся скользкими, сцепление колес с поверхностью дороги резко снижается и автопоезда буксуют, что способствует образованию глубокой колеи на поверхности дороги.

Лесная дорожная сеть в части магистралей представлена дорогами с щебеночным или гравийным покрытием, которая относится к нежесткой и переходному типу дорожных одежд.

Согласно, нормативного документа для проектирования нежестких конструкций дорожных одежд ОДН 218.046-01, расчет напряжений и деформаций дорожной одежды сводится к определению допустимого упругого прогиба и сдвига устойчивости в подстилающих слоях малосвязных грунтов и песка. Расчетные показатели конструктивных слоев рассчитывают по условиям упругого полупространства и касательных напряжений по зависимостям Кулона-Мора [1].

Общим исходным положением для упругого полупространства является то, что расчет дорожных одежд должен вестись из условий их работы в упругой стадии, с учетом повторяемости расчетных нагрузок.

Алгоритм расчета дорожной одежды заключается в проверке принятых толщин конструктивных слоев, необходимых по следующим условиям:

- расчет по упругому прогибу;
- расчет по сдвигу грунта земляного полотна и в малосвязных конструктивных слоях (песчаных);
- расчет на статическую нагрузку;
- расчет на морозоустойчивость.

Если расчетные напряжения, модули упругости или толщины слоев отличаются от предельно допускаемых или минимально необходимых их нормативное значение (в соответствии, с категорией дороги), то конструкция удовлетворяет расчету и должна обеспечить целостность при её эксплуатации.

При значительных нагрузках от тяжелых лесовозных автопоездов дорожное покрытие подвержено истиранию и нормальным и касательным деформациям. Основными видами деформаций конструктивных слоев дорожной одежды из щебня и гравия являются:

- продавливание слоев с выпучиванием материала вследствие полного разрушения структурных связей и потери несущей способности;
- «гребенки», колеобразование на поверхности покрытий вследствие недостаточной сопротивляемости слоя сдвигу;
- образование волн;

– внутренний износ в результате расшатывания структуры слоев, построенных по принципу расклинивания, при многократном воздействии напряжений, которые не могут быть погашены структурными связями в слое [3].

Данные деформации образуются от воздействия на дорожное покрытие горизонтальной силы от действия касательной силы тяги автопоезда, тормозных сил, центробежных сил на угловых кривых, при обгоне и других, накапливая остаточные напряжения.

Накопление остаточных деформаций и структурных разрушений может происходить в одном или сразу в нескольких слоях дорожной конструкции. Верхний слой покрытия расположен в зоне максимальных температурных воздействий и воспринимает наибольшую нагрузку от колес транспорта. Поэтому он подвержен деформациям в наибольшей степени и чаще других является причиной образования колеи [2].

Расчет дорожной конструкции на сдвиг – поперечное перемещение частиц материалов выполняется только грунта земляного полотна и малосвязных конструктивных слоев, к которым в частности относятся песчаные материалы. Щебеночные покрытия не рассчитываются на накопление остаточных сдвиговых напряжений, из понимания образования слоя с максимальной плотности в процессе его заклинки, тем самым ограничивая смещения частиц щебня. Данное утверждение допустимо для дорожных конструкций, где щебеночный слой является основанием, а слой покрытия, к примеру, асфальтобетон. Но при использовании щебеночных материалов в покрытие дорожной конструкции, щебеночная поверхность имеет свободное направление перемещения частиц – вверх.

Под постоянной и интенсивной нагрузкой колеса автопоезда, происходит накопление остаточных сдвиговых деформаций на поверхности щебеночных материалов и как следствие образования гребенки и колееобразования.

Выводы: Оценка и расчет щебеночных покрытий дорог, в частности лесных, как упругое полупространство не дает фактической полноты оценки целостности такого покрытия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артемьев В.В. Сопротивление осадкам щебеночного слоя армированного объемной георешеткой/ В.В. Артемьев, Г.А. Бессараб// Достижения и перспективы естественных и технических наук: материалы VII Международной научно-практической конференции. – Ставрополь: Логос, 2016. – С. 43-46.

2. Рекомендации по выявлению и устранению колеи на нежестких дорожных одеждах. Отраслевой дорожный методический документ. – М.: «Росавтодор», 2002. 113 с.

3. Славущкий А.К. Дорожные одежды из местных материалов/А.К. Славущкого, В.Г. Волков, Б.И. Кувалдин, В.А. Ногай, Г.А. Ромаданов, О.И. Славущкий / Изд. 2-ое перераб. и доп.// – М.: «Транспорт», 1977. 264с.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ СОЗДАНИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛЕСНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ.

Громов И.А., Gromov.Ivan.2012@yandex.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Экономическая модель местности (ЭММ) представляет собой цифровую модель местности, отражающую распределение чистого дохода (ЧД) от освоения лесов по территории объекта проектирования. Создание данной модели является важной частью методики проектирования транспортной сети в условиях многоцелевого лесопользования, позволяет выявить экономически доступные лесные кварталы и оценить перспективность их транспортного освоения [1]. Создание ЭММ основано на применении геоинформационных систем (ГИС). Методика создания ЭММ предусматривает четыре этапа: сбора информации, ГИС-анализа, определения ЧД, создания ЭММ в ГИС.

На этапе сбора информации в среде ГИС формируется электронная карта. На данную карту при помощи графических примитивов наносятся ключевые для формирования ЭММ объекты. Данными объектами являются: лесные кварталы, автомобильные дороги общего пользования, лесные автомобильные дороги, железные дороги, реки и ручьи, каналы, водоемы, болота. При этом площадные объекты, такие как лесные кварталы, водоемы, наносятся в виде полигонов, а линейные, в виде полилиний.

Территорию объекта проектирования разделяют на блоки. Границы блоков образуются труднопреодолимыми естественными и искусственными препятствиями: железными дорогами, скоростными автомобильными магистралями, реками и т.п. Границы блоков наносятся на отдельный тематический слой, а блоки нумеруются

В качестве первичной единицы транспортного освоения лесов целесообразно рассматривать лесной квартал. Если его территория разделяется труднопреодолимым препятствием на несколько частей, то данные части выделяются как отдельные подкварталы, относятся к разным блокам и рассматриваются отдельно.

Для слоя лесных кварталов формируется атрибутивная база данных, в которую вносится нумерация лесных кварталов. При этом подкварталы рассматриваются наряду с целыми кварталами и получают свои номера. Последние образуются путем прибавления порядкового номера подквартала к номеру лесного квартала через точку.

После создания указанной атрибутивной базы данных на электронную карту отдельным слоем наносятся центры лесных кварталов и подкварталов. Для каждого блока транспортного освоения размещают точку концентрации лесных грузов, которая представляет собой точку, расположенную на пересечении границы блока с существующей автомобильной дорогой в генеральном направлении вывозки лесных ресурсов. При этом расстояния от центров лесных

кварталов до точки концентрации блока будут являться переменной величиной, а расстояние от нее до нижнего склада лесного предприятия или склада потребителя будет являться величиной постоянной. Соответственно, последние расстояния на электронной карте не отображаются, но учитываются в расчетах. Если на территории блока отсутствуют автомобильные дороги, то точка концентрации размещается по центру границы блока в генеральном направлении вывозки лесных ресурсов.

На этапе ГИС-анализа для каждого блока намечают трассы обезличенных лесных дорог, т.е. усредненных лесных дорог, которые не имеют категории. Данные дороги вводятся для оценки транспортных расходов в рамках ЭММ. Обезличенные лесные дороги размещают в виде линий, начиная от существующих автомобильных дорог до центров ближайших лесных кварталов и далее между центрами последующих кварталов. Если на территории блока отсутствует автомобильная дорога, то трассы намечают от точки концентрации лесных грузов.

При поэтапном транспортном освоении объекта проектирования вначале осваиваются лесные кварталы, расположенные вблизи существующих автомобильных дорог, после чего поочередно осваиваются кварталы по мере удаления от дороги. При этом нет необходимости в постройке отдельной лесной дороги для освоения очередного лесного квартала. Для этого достаточно построить дорогу от центра ближайшего освоенного лесного квартала. Соответственно, данная дорога, представленная в виде отдельного участка трассы обезличенной лесной дороги, проложенного между двумя смежными кварталами, обладает определенной протяженностью, которая характеризуется показателем приращения протяженности трассы обезличенной лесной дороги.

Для определения указанного показателя в среде ГИС создается запрос к базе данных, который позволяет определить протяженность выбранных линий трасс обезличенных лесных дорог. Определение данного показателя позволяет рассчитать значение затрат на строительство, содержание и ремонт лесных дорог. Для определения затрат на вывозку лесных ресурсов, для каждого блока, определяется расстояние между центрами расположенных на его территории лесных кварталов и точкой концентрации лесных грузов.

Таким образом, на этапе ГИС-анализа определяются приращения протяженности трасс обезличенных лесных дорог и расстояния вывозки лесных ресурсов для каждого лесного квартала. Данные показатели наряду с иной информацией обрабатываются с использованием компьютерных программ, например MS Excel, в результате чего получают значения ЧД для каждого квартала и подквартала.

На завершающем этапе методики создания ЭММ в среде ГИС непосредственно формируется сама экономическая модель местности [1,2]. С этой целью значения ЧД импортируются в атрибутивную базу данных слоя лесных кварталов. При этом данные объединяются по значению номеров кварталов. Далее с использованием средств создания тематических карт создается соответствующая карта, отражающее значение ЧД от освоения лесных

кварталов. Значение ЧД отражается при помощи цветовой индикации, где определенному интервалу значений ЧД присваивается свой цвет. Интервалы значений ЧД определяются исходя из минимального и максимального значений ЧД. Значение ЧД выше либо равное нулю позволяет считать данный лесной квартал экономически доступным и перспективным для транспортного освоения. В случае если значение ЧД ниже нуля, то транспортное освоение данного квартала в данных условиях проектирования не целесообразно.

В завершении данной работы необходимо отметить, что ГИС применяются на этапе сбора данных для определения запасов лесных ресурсов, однако особенности их использования для этой цели не может быть раскрыто в рамках данной работы.

Использование ГИС позволяет повысить качество и скорость проектирования, избежать грубых ошибок и в короткие сроки создать экономическую модель местности для дальнейшего проектирования транспортной сети в условиях многоцелевого лесопользования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Громов И.А., Тюрин Н.А. Методика проектирования лесной транспортной сети в условиях многоцелевого использования лесов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2016. Вып. 216. С. 43–57

2. Громов И.А. Проектирование сети лесных автомобильных дорог в условиях многоцелевого использования лесов на базе рентного подхода // Леса России в XXI веке: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-технич. интернет-конф. – СПб.: СПбГЛТУ. 2015. Вып. 12. С. 91-95

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ЕДИНИЦ ДЛЯ ДОСТАВКИ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ПО РЕКАМ С МАЛЫМИ ГЛУБИНАМИ

Дружинина Л.Г., lolita.druzhinina@list.ru, Калистратов А.В.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Российская Федерация обладает самыми большими запасами лесных ресурсов, которые расположены на площади более 700 млн. га. Рациональное и экологически обоснованное освоение и переработка этих ресурсов, несомненно, оказывает положительное влияние на общее экономическое и социальное развитие страны. Для успешного развития лесопромышленного комплекса необходимы не только исследования по модернизации и совершенствованию лесозаготовительных и лесоперерабатывающих операций, но и оптимизация транспортно-технологических процессов.

Исторически сложилось, что водный транспорт леса, в условиях разветвлённой водной сети РФ и естественного расположения лесных массивов в бассейнах многочисленных малых и средних рек, является самым эффективным видом доставки древесины потребителю.

Малые реки в системе транспортных связей на территории РФ играют особую роль. Освоение лесных богатств страны невозможно без активного участия этой категории водных путей. В некоторых районах они оказываются основным, а

иногда даже единственным видом транспортных путей для перевозки лесоматериалов.

Однако малые реки используются для перевозок лесоматериалов далеко не полностью. Из общего числа этих рек в РФ используются для перевозки всего 15 процентов.

В последние годы появилась концепция развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации, одобренная Правительством РФ, предусматривающая освоение районов со слабо развитой транспортной инфраструктурой при существенном расширении использования ресурсов малых рек.

Во второй половине 2000-х годов в Архангельской области появились предприятия, целью которых стало возобновление и восстановление прежних объемов лесосплава в плотках.

Как известно, плоты собираются из пучков, которые формируются из параллельно расположенных круглых лесоматериалов, скрепленных обвязками. Пучки просты по конструкции, но применение их на реках с малыми глубинами нецелесообразно, т.к. для сплава по этим рекам пучки должны иметь небольшую осадку и таким образом малый объем, а, следовательно, недостаточную прочность и волноустойчивость. В ходе решения данной проблемы была разработана плоская сплottedная единица (ПСЕ).

Сплottedная единица может быть однорядной, двухрядной, трехрядной, четырехрядной и более в зависимости от глубины лесосплавного пути. Основой конструкции служит нижняя рамка, изготавливаемая из четырех бревен, соединенных по углам проволочными стяжками. На рамке установлены нижние обвязки, расположенные в нижней плоскости рамки. Для придания сплottedной единице жесткости в плане устанавливаются дополнительные счалы. Для лучшей утяжки обвязок в местах крепления счалов к обвязкам устанавливаются вертикальные связи, соединяющие верхние и нижние обвязки.

Еще две модели сплottedных единиц были разработаны с учетом применения на их сборке лесоплотелера ЛТ-163.

Одна из них содержит отдельные круглые лесоматериалы, которые уложены между пакетами круглых лесоматериалов ровным слоем толщиной, равной высоте пакетов и параллельным пакетам.

Сплottedная единица проста по конструкции, менее трудоемка в изготовлении, сокращает расходы такелажа и в то же время обладает достаточной прочностью, волноустойчивостью, имеет значительный объем при малой осадке, может быть изготовлена из различных сортиментов, а в пунктах приплава не требуется поштучная сортировка лесоматериалов, т. к. они выгружаются отдельными пакетами и пачками. Причем сплottedная единица менее трудоемка при расформировании в пунктах приплава, т. к. легко делится на отдельные пакеты и пачки и при этом не требуется дополнительных переместительных операций.

Другая конструкция сплottedной единицы содержит пучки объемом до 5 м³ каждый, сформированные из круглых лесоматериалов с достаточным запасом плавучести и установленные между ними пучки из круглых лесоматериалов с

недостаточным запасом плавучести. Поверх пучков уложены крепежные бревна, к которым прикреплены пучки гибкими связями. Причем крайние пучки ряда обносятся связью по верху и низу, а расположенные между ними – только по низу. При этом концы гибких связей проходят через отверстия в крепежных бревнах, выполненных от их торцов на расстоянии, равном ширине пучка, и снабжены фиксаторами.

Следует отметить, что не смотря на простоту конструкций, технологические операции по формированию сплочных единиц достаточно трудоемки.

В связи с этим необходимо рассмотреть вопрос о судовых перевозках лесоматериалов по малым рекам. При перевозке леса в судах технологические операции погрузо-разгрузочных работ могут выполняться серийными кранами с соответствующими грузозахватными механизмами, что облегчает производство работ. Кроме того, судовые перевозки лесоматериалов исключают контакт древесины с водой.

Вопрос использования судов для перевозки грузов по малым рекам еще недостаточно изучен, однако за последнее десятилетие появилось несколько направлений исследования данного вопроса.

Учитывая специфику малых рек - ширину, радиусы поворота, извилистость, глубины и т.д. можно сделать вывод, что для использования на этих водных путях подойдет только ограниченное количество типовых судов.

В табл. 1 представлены суда и их характеристики, отвечающие параметрам малых рек.

Таблица 1

Судно	Технические характеристики судов			Осадка(м)	Грузоподъемность(т)
	Габариты (м)				
	Длина	Высота	Ширина		
Сухогрузный теплоход типа «Альма»	36,20	3,00	6,50	1,07	150,0
Проект № 81356	64,5	11,4	10,14	1,3	400,0
СТ-401	52,85	2,40	7,1	0,50	436
СТ-406	49,8	2,15	5,16	0,50	273
Проект № 776А	31,2	1,5	7,4	1	80
Проект № 821	43	6,9	7,4	1,26	150
Проект № 898	59,3	7,05	7,36	1,3	300
Проект № 869	58,1	12,7	7,15	1,4	150-250
Проект № 890	44	6,4	2	1	150
Проект № 912А	62,3	2,6	9,3	1,15	350
Проект № 912Б	62,6	7,3	9,3	1,3	350
Проект № 342	82,0	11	11,41	1,26	350

Исследуя каталог речных судов, были отобраны только те, чья осадка не превышает 1,5 м.

В завершении стоит отметить, что развитие технологии перевозок по малым рекам помогло бы решить проблему вывозки лесоматериалов из труднодоступных районов.

Для более детального анализа применения приведенных выше транспортных единиц и выявления наиболее оптимальной, необходимо рассмотрение конкретных рек и расчет всех параметров технологического процесса с учетом множества факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 2177436 СССР В 63В 35/62. Сплоточная единица / А.А. Митрофанов, Г.Я. Суров, Н.С. Главатских. – Оpubл. 27.12.2001, Бюл. №36.

2. Зачёсов А.В. Организация перевозок и работы флота на малых реках Сибири в условиях формирования рыночных отношений/ Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Новосибирск, 2009. - 18 с.

3. Митрофанов А.А. Научное обоснование и разработка экологически безопасного плотового лесосплава. – Архангельск: Изд-во Архнг. го. техн. ун-та, 1998. – 268 с.

4. Патент 115769 U1 RU, В65G 69/20. Сплоточная единица / Г.Я. Суров, Я.В. Ватлина, Т.М. Шарова. – Оpubл. 10.05.2012, Бюл. №13.

УЧЕТ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Коваленко Т.В., taras.kovalenko.sbb@gmail.com

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

В конце 70-х годов на кафедре сухопутного транспорта леса ЛТА под руководством профессора Б.А. Ильина начались научно-исследовательские работы, направленные на разработку прикладных аспектов лесозаготовительной метеорологии [1]. Основной задачей этих исследований была разработка и обоснование технологий лесосечно-транспортных работ, которые позволяют максимально учесть и эффективно использовать погодно-климатические условия региона, а также снизить ущерб от опасных метеорологических явлений.

В результате первоначального анализа было выяснено, что наибольшее влияние погодно-климатические факторы оказывают на лесотранспортный процесс, который в первую очередь и определяет сезонность лесозаготовок. В свою очередь, в лесотранспортном процессе наиболее зависимыми от погоды и климата являются технологические лесовозные дороги (усы) работоспособность которых определяется, прежде всего, влажностью грунта и его модулем деформации. Следовательно, для повышения эффективности работы лесных грунтовых дорог, рациональной организации всего лесотранспортного процесса необходимы знания закономерностей изменения влажности грунтов, их водно-теплового режима.

В лесной промышленности отсутствуют многолетние систематические наблюдения за влажностью грунтов лесных дорог. Однако, агроклиматологией накоплен большой многолетний статистический материал наблюдений за влажностью грунтов открытого поля. Эти данные, как видно из исследований [1], могут быть использованы и для определения расчетной влажности грунтов на грунтовых дорогах летнего действия.

Как показали исследования [1, 2], закономерности изменения влажности и соответствующие ей закономерности изменения модуля деформации грунтов на усах в весенне-летний период наиболее близко может быть аппроксимирована следующим выражением (1):

$$E = s + q \cdot t + r \cdot t^2 \quad (1)$$

где E - модуль деформации грунта на проезжей части грунтовых усов; t - текущая координата времени, сутки от начальной даты, принятой для лесных районов 1 мая; s , q , r - коэффициенты, зависящие от грунтово-гидрологических условий местности. Величина этих коэффициентов для условий Ленинградской области, супесчаных грунтов, первый тип местности $s = 6,91$, $q = 0,2678$, $r = 0,0014$; суглинистых грунтов, второй тип местности $s = 0,32$, $q = 0,3276$, $r = 0,0015$.

Грунты земляного полотна могут получать влагу как из атмосферных осадков и поверхностных вод, так и в результате капиллярного поднятия влаги от уровня грунтовых вод. Интенсивность изменения количества влаги в грунте земляного полотна зависит от многих факторов, к числу которых относятся погодноклиматические и гидрогеологические условия района, вид грунта, тип земляного полотна и дорожной одежды и т. п. Все эти факторы обуславливают воднотепловой режим земляного полотна, от которого зависит прочность и устойчивость грунтов.

Большое значение имеет скорость промерзания грунта. В одной и той же дорожно-климатической зоне эта скорость может колебаться в значительных пределах.

Результат морозных воздействий на грунты характеризуется величиной относительного морозного пучения, под которым понимается отношение абсолютной величины морозного поднятия грунта к глубине промерзания. Относительное морозное пучение уменьшается по мере повышения скорости промерзания грунта.

Морозное пучение грунта земляного полотна приводит к его разуплотнению. Разуплотнение с одновременным значительным повышением влажности приводит после оттаивания к большим потерям прочности и сопротивляемости грунта внешним нагрузкам. Эти потери могут достигать 30-60% при супесчаных и суглинистых грунтах и 70-80% при пылеватых грунтах и неблагоприятных условиях. Потеря прочности обнаруживается при оттаивании грунта. Снижение прочности и возникающие при оттаивании просадочные деформации зависят от скорости оттаивания. Чем быстрее происходит оттаивание, тем больше потери прочности и несущей способности грунтов. Оттаивание происходит быстрее, чем замораживание.

Процесс оттаивания грунта начинается сверху и лишь впоследствии мерзлый слой грунта начинает оттаивать также и снизу. Во второй дорожно-климатической зоне примерно $\frac{3}{4}$ толщины слоя оттаивает сверху и лишь $\frac{1}{4}$ – снизу. После оттаивания грунта в результате неравномерных опусканий поверхности может наступить ухудшение работоспособности покрытия.

Одним из важных параметров, определяющих промерзание почвы, является ее температура. По результатам обработки климатических данных по Вологодской области были получены следующие закономерности:

- среднее значение для всех видов почв:

$$t_{почв_ср} = -0,784 + 1,084 \cdot t_{ср} + 0,009 \cdot t_{ср}^2 \quad (2)$$

- для суглинистых почв:

$$t_{почв_ср} = -0,673 + 1,077 \cdot t_{ср} + 0,007 \cdot t_{ср}^2 \quad (3)$$

- для глинистых почв:

$$t_{почв_ср} = -0,39 + 1,084 \cdot t_{ср} + 0,007 \cdot t_{ср}^2 \quad (4)$$

- для супесчаных почв:

$$t_{почв_ср} = -1,102 + 1,076 \cdot t_{ср} + 0,089 \cdot t_{ср}^2 \quad (5)$$

- для песчаных почв:

$$t_{почв_ср} = -1,027 + 1,095 \cdot t_{ср} + 0,012 \cdot t_{ср}^2 \quad (6)$$

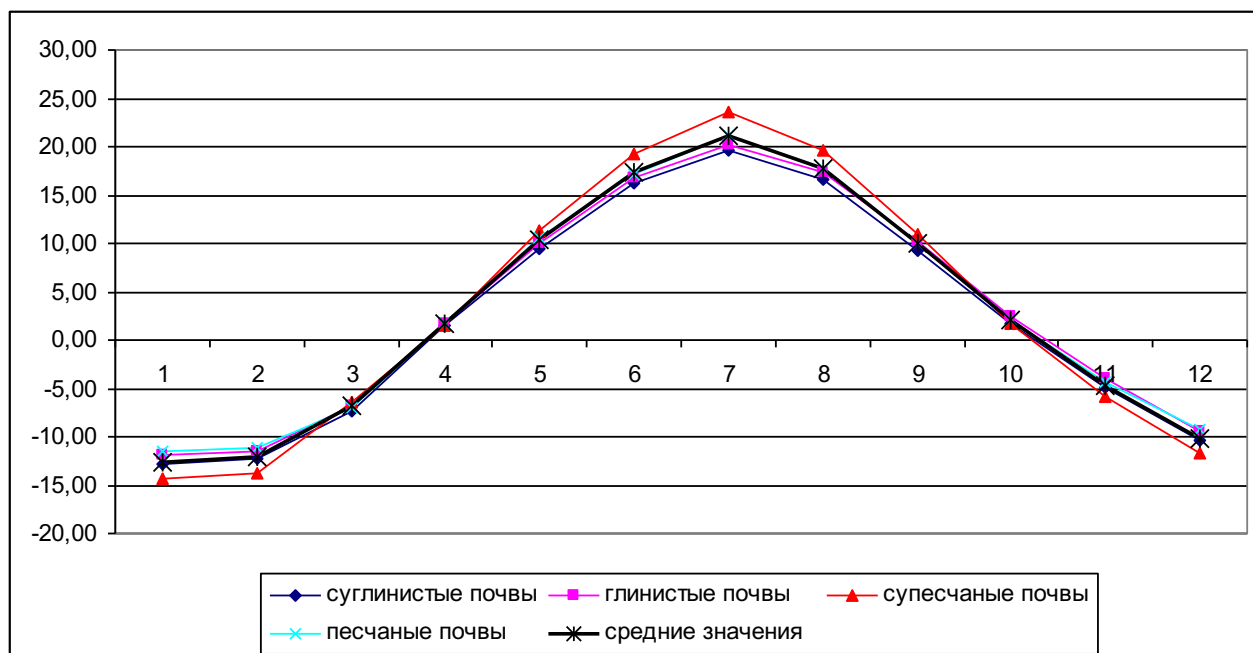


Рис. 1. Годовое изменение температуры почвы с учетом температуры воздуха.

Представленные расчетные зависимости могут быть использованы для оценки и прогнозирования работоспособности дорожных конструкций, что даст возможность максимально эффективно эксплуатировать существующую лесотранспортную сеть, корректно назначая сроки закрытия лесовозных дорог для эксплуатации и планировать дальнейшее развитие транспортной инфраструктуры.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Тюрин Н.А. Проектирование лесосечно-транспортных процессов с учетом влияния климата. /Сухопутный транспорт леса: Сб. науч. тр. – СПб.: ЛТА, 1994 г. С. 53-57.
2. Ильин Б.А. Обоснование параметров размещения путей лесотранспорта. - М.: Лесная промышленность, 1965 г. - 148 с.
3. Справочник по климату СССР. Вып.1. Ч.2 – Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1965 г. – 359 с.
4. Косарев В.П., Таранков В.И. Лесная метеорология. – М.: Экология, 1991 г. – 176 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ БЕРЕГОВОЙ СПЛОТКИ И ПЛОТОВОГО ЛЕСОСПЛАВА НА БАЗЕ МОБИЛЬНЫХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ Комяков А.Н., komyakov@mgul.ac.ru, Сорокин М.А., sorokin@mgul.ac.ru

Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана

Береговая сплотка круглых лесоматериалов с последующей отправкой древесины в плоты в настоящее время является основной и практически единственной технологией лесосплава в России. По этой технологии ежегодно сплавляются десятки млн. куб.м. древесины. С увеличением потребности в древесине и роста объема лесозаготовок объёмы береговой сплотки и плотового лесосплава также будут расти.

Главными достоинствами береговой сплотки и плотового лесосплава являются:

- возможность проводить основные работы в зимний период силами квалифицированного персонала из числа местных жителей;
- высокая скорость доставки древесины потребителям;
- отсутствие потерь древесины и экологического ущерба при правильной организации работ.

Однако у данной технологии при хлыстовой заготовке имеются также и существенные недостатки:

- значительная доля ручного труда на основных операциях: раскряжёвке хлыстов, дообрубке сучьев, обмере и учёте сортиментов, сортировке бревен и сплотке пучков;
- тяжелые условия труда работников, особенно в зимний период;
- необходимость строительства стационарных береговых складов, подъездных путей и подключения их к электрическим сетям.

В современных условиях назрела необходимость разработки новой технологии и организации береговой сплотки и плотового лесосплава.

Суть предлагаемого технологического решения заключается в отказе от стационарных береговых складов, которые в условиях уменьшения объёмов лесозаготовок и сезонности работ используются неэффективно. Все работы предполагается выполнять с помощью мобильных комплексов современных высокопроизводительных машин, состоящих из харвестеров, форвардеров, сплотно-транспортных агрегатов и стоечных лесонакопителей (рис.1).

Данная технология предполагает вывозку древесины хлыстами или даже деревьями. При этой технологии упрощается очистка делянки и подготовка её под новые посадки, решается проблема сбора и переработки лесосечных отходов. Они вместе с отходами раскряжёвки на нижнем складе могут быть переработаны на топливную щепу для собственных нужд и других потребителей.

В условиях сезонности работ на береговых складах представляется более эффективным вместо харвестера использовать экскаватор с процессорной головкой. Она способна выполнять обрезку сучьев, раскряжёвку, сортировку и

расчётов буксировки плотов произвольных размеров и конфигураций, в том числе неправильной формы (рис.2.б.).

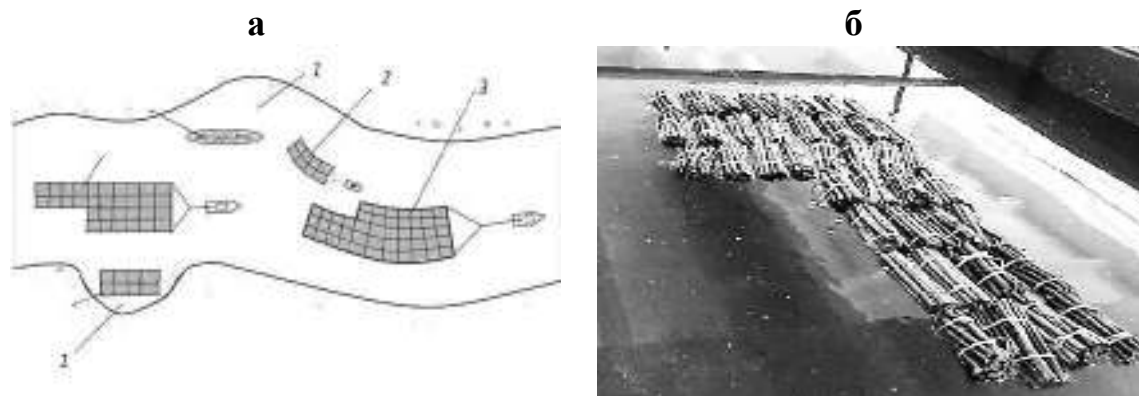


Рис. 2. а) Организация плотового сплава при малой ёмкости плотбищ:
1- малые плотбища; 2 – элемент плота; 3 - транзитный плот.

б) Буксировочные испытания модели плота неправильной формы

Исследованию гидродинамических характеристик лесотранспортных единиц различных типов посвящен ряд работ сотрудников кафедры Промышленного транспорта и строительства МГУЛ (в настоящее время МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана) [1,2,3,4].

В лаборатории водного транспорта леса МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана ведутся работы по изучению гидродинамических характеристик элементов плотов (секций, линеек) и плотов неправильной формы. Одной из задач является исследование динамики процесса присоединения к движущемуся плоту дополнительных секций (линеек) с малых плотбищ и разработка технических решений для выполнения этой операции.

Предметом исследований также является разработка математической модели работы механизированного комплекса для береговой сплотки на несколько плотбищ с учётом их расположения, ритмичности и объёмов поставок древесины.

Предлагаемая технология позволит повысить эффективность водного транспорта леса в целом.

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Комяков А.Н., Сорокин М.А. Гидродинамические характеристики плавучих контейнеров и контейнерных составов для доставки измельченных лесных грузов// Лесной вестник, №4, М.: ГОУ ВПО МГУЛ. – 2010. – С.102-104
- 2.Комяков А.Н., Экспериментальные исследования сопротивления воды движению контейнерных плотов для сплава измельченной древесины: Научные труды МЛТИ / Выпуск 177. – М., 1986. – С. 77-86
- 3.Комяков А.Н., Лукашевич Н.И., Обоснование увеличения габаритов секций плотов в бассейне р. Вычегды// Научные труды МЛТИ/Выпуск 212. – М., 1989. – С. 67-72
- 4.Комяков А.Н., Лукашевич Н.И. Сила сопротивления воды поперечному перемещению плота и точка её приложения//Научные труды МЛТИ/Выпуск 243.– М. – 1991. – С. 29-36
- 5.Способ формирования транспортной единицы для транспортировки грузов по воде. Описание изобретения/ Комяков А.Н., Шевелев И.Л. ВИНТИ. Транспорт: Наука, техника, управление. Сборник обзорной информации № 12, 2000 . – С. 32-33

УЧЁТ ДИАПАЗОНОВ РАСЧЁТНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ЛЕСНЫХ ДОРОГАХ

Кондратьев А.Н., Виноградов А.Ю., Салминен Э.О.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

1. Оценка ошибок расчётов. В настоящее время расчётные значения гидрометеорологических характеристик используются при проектировании без учёта возможных неточностей, ошибок, случайного разброса, неоднородности, пульсаций, изменчивости и т.п. При этом для проектирования водопропускных сооружений на лесных дорогах интересны не средние, а экстремальные границы возможных диапазонов характеристик.

Появляется противоречие: с одной стороны, при проектировании водопропускных сооружений на лесных дорогах используются средние расчётные значения, с другой стороны, в реальности могут наступать различные значения в пределах некоторого диапазона, в том числе, могут достигаться и верхние границы диапазонов.

В этом заключается основная идея – оценивать возможные ошибки, затем переходить от средних значений к диапазонам и, в результате, иметь возможность использовать в проектировании те или иные расчётные значения в зависимости от уровня ответственности сооружения.

2. Максимальные расходы воды. Начало использования теории вероятностей к расчётам расходов воды связано с работами А. Хазена, который использовал кривую Гаусса и нормальные клетчатки вероятностей. Д.Л. Соколовский установил асимметричность распределения и начал использовать кривую Пирсона III типа. Однако у кривой Пирсона III типа был недостаток – она простиралась в отрицательную область. Для устранения этого недостатка С.Н. Крицкий и М.Ф. Менкель преобразовали кривую [8]. В рамках статистических методов достаточно хорошо разработан аппарат по расчёту ошибок расчётов [7]. Однако он так и остался в теоретических представлениях, без практического использования в практике проектирования водопропускных сооружений на лесных дорогах.

С начала 1980-х годов наметился переход на методики нового поколения, работой над которыми занимались Б.В. Бабилов, М.В. Болгов, Ю.Б. Виноградов, А.Н. Гельфан, А.Н. Минаев, В.А. Иванов, А.А. Камусин, Ю.В. Карпечко, Л.С. Кучмент, П.М. Мазуркин, Ю.Г. Мотовилов, М.М. Овчинников, Э.О. Салминен и др. По пути модернизации способов расчёта расходов воды для проектирования водопропускных сооружений на лесных дорогах разрабатываются новые методы в Санкт-Петербургском государственном лесотехническом университете (Э.О. Салминен и др.[9]). А.Ю. Виноградов разработал методику расчёта предельного максимального расхода воды, которая позволяет получить значение максимально возможного для данного ландшафта паводка. На основании этого даны рекомендации по проектным ограничениям при строительстве лесохозяйственных инженерных сооружений [2].

В нашей работе выяснено, что при расчёте максимальных расходов воды для проектирования водопропускных сооружений на лесных дорогах необходимо учитывать погрешности разного рода. Ошибка расчёта по эмпирическим формулам при отсутствии данных может достигать 40 и более % [3].

Также показана необходимость учёта временных изменений определяющих факторов при расчёте максимальных расходов воды при проектировании водопропускных сооружений на лесных дорогах. Существование если не глобальных, то локальных изменений климата и параметров подстилающей поверхности общепризнано. Расчёты по фактическим створам рек показали, что изменения параметров водосборов и самих водотоков за несколько десятков лет могут привести к изменению расчетных расходов воды в 2 раза.

3. Размывы берегов водотоков. Все современные нормативные документы по прогнозу русловых процессов имеют единую основу: гидролого-морфологическую теорию русловых процессов, разработанную в Государственном гидрологическом институте (ГГИ) в 1960–1980 гг. под руководством Н.Е. Кондратьева и И.В. Попова [4]. В то время эти разработки были революционными и заметно улучшили методы прогноза русловых процессов, выделив 7 типичных схем деформаций речных русел (типов русловых процессов). Классификация ГГИ была первой, которая оперировала не формой русла, а схемой деформаций, дав возможность делать прогноз. На основе этой типизации были созданы нормативы для больших аллювиальных рек, которые были интересны для строительства крупных гидротехнических сооружений во второй половине XX века. Осталась проблема с размывами берегов на малых водотоках, так как малые водотоки в существующих нормативных документах совершенно не рассматриваются (ВСН 163-83, ПМП-91 и др.).

В существующих нормативных документах по русловым процессам понятия вероятности, случайности для размывов берегов и дна рек не используются. При расчёте размывов берегов применяются константы скоростей, без учёта статистической неравномерности. Статистические методы в русловых процессах использовались, главным образом, для оценки кривых распределения геометрических параметров, таких как шаг излучин, длина побочной и ленточных гряд (И.В. Попов [6], М.И. Кривошей [5]). Эти результаты не применимы для запросов практики, в которых интересны не геометрические параметры, а скорости размыва. Заметный шаг по применению статистики в русловедении сделал В.И. Антроповский [1]. Он впервые использовал статистические подходы к анализу не геометрических параметров русла, а к динамике размывов берегов. Необходимо далее развивать статистические подходы с внедрением статистических методов для расчёта размывов берегов малых лесных рек.

Авторами выполнена статистическая обработка фактических годовых размывов берегов рек, что сделано впервые. Получены статистические характеристики. В частности, выяснено, что отношение 1% значения размыва к среднему значению (модульный коэффициент K_{\max}) составляет $K_{\max} = 1,15 \div 2,05$, то есть, максимальный размыв на период эксплуатации 30 лет может

в 2 раза превысить среднее значение. Следовательно, для особо ответственных сооружений (крупных лесоперерабатывающих и целлюлозно-бумажных предприятий) следует принимать максимальный размыв в 2 раза больше «среднего».

4. Выводы. Существующие методы расчёта, как максимальных расходов воды, так и размывов берегов водотоков разработаны 50-80 лет назад. При проектировании водопропускных сооружений на лесных дорогах требуется внедрение современных подходов, в частности, достаточно простых статистических методов:

1) Необходимо учитывать погрешности разного рода и временные изменения определяющих факторов при расчёте максимальных расходов воды.

2) При проектировании водопропускных сооружений на лесных дорогах необходимо учитывать неравномерность размывов берегов водотоков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антроповский В.И. Гидролого-морфологические закономерности и фоновые прогнозы переформирования русел рек. – СПб.: Кримас+, 2006. – 216 с.

2. Виноградов А.Ю. Современные проблемы инженерно-гидрологических изысканий при проектировании лесных дорог. – СПб.: Издательство СПбГЛТУ, 2012. – 145 с.

3. Кондратьев А.Н. Учёт рисков при оценке русловых деформаций для проектирования водопропускных сооружений на лесных дорогах // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2017. Вып. 218. С. 105–120.

4. Кондратьев Н.Е., Попов И.В., Смищенко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 272 с.

5. Кривошей М.И. Применение статистических и вероятностных методов к анализу плановых деформаций свободномеандрирующих рек // Труды ГГИ. Вып. 195, 1972. С. 33-51.

6. Попов И.В. Количественные показатели руслового процесса различного типа // Труды ГГИ. Вып. 116, 1964. С. 32–81.

7. Рождественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В. Оценка точности гидрологических расчётов. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 279 с.

8. Рождественский, А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. – Л.: Гидрометиздат, 1974. – 424 с.

9. Салминен, Э.О. и др. Сухопутный транспорт леса: учеб. пособие для вузов / под общ. ред. Салминена Э.О. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 368 с.

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЛЕСОЗАГОТОВОК В ЛЕСОЗАЩИТНЫХ И ПЛАНТАЦИОННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ

Кацадзе В.А., tlzp@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Данная статья написана в развитие тематики, затронутой в публикации «Защитное лесоразведение: вчера, сегодня, завтра», изданной по материалам научно-технической конференции «Леса России: политика, промышленность, наука, образование» в 2016г.

Если рассматривать лесозащитные насаждения не только по их основному назначению, но и как источник древесины, пригодной, в первую очередь, для производства топливных брикетов, гранул и топливной щепы, то необходимо будет разрабатывать новые, более эффективные технологии

лесозаготовительных работ. Это связано с ведением работ в упорядоченных, одновозрастных древостоях, состоящих из быстрорастущих пород с высоким запасом на 1 га.

Такие технологии лесозаготовок, скорее всего, потребуют разработки и создания принципиально новой лесозаготовительной техники, отвечающей следующим требованиям:

- возможность максимального изъятия всей биомассы растущего дерева;
- возможность агрегатирования с лесозаготовительной, дорожно-строительной и сельскохозяйственной техникой;
- интегрирование процесса заготовки древесины в процесс посадки крупномерных саженцев.

Этим требованиям в полной мере отвечает корнеперерезающее устройство (КПУ), принципиальная схема которого представлена на рисунках 1 и 2.

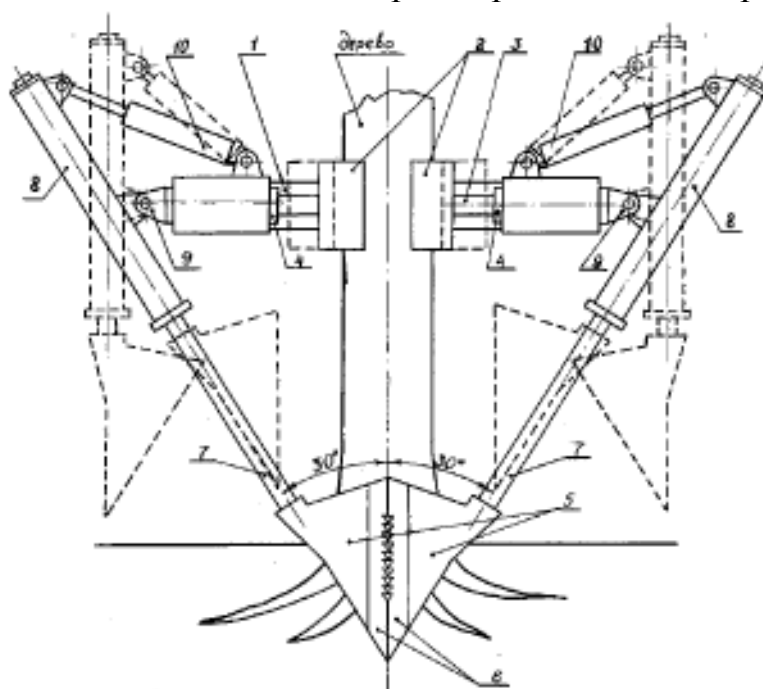


Рисунок 1. Принципиальная схема КПУ

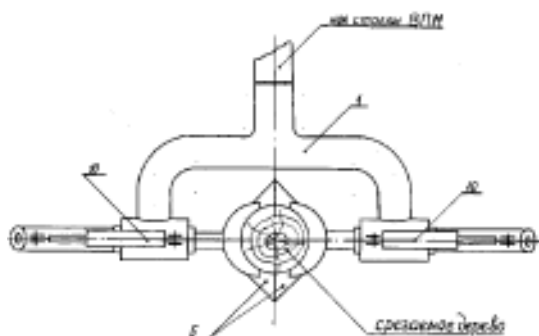


Рисунок 2. Принципиальная схема КПУ, вид сверху

Устройство состоит из механизма захвата дерева и механизма перерезания корневой системы, смонтированных на общей жесткой П-образной раме 1. Механизм захвата дерева состоит из двух захватов 2 специальной конструкции,

закрепленных на штоках 3 горизонтально расположенных силовых гидроцилиндров 4, запрессованных в выступы П-образной рамы 1. Механизм силового перерезания корневой системы состоит из двух резаков 5 специальной конструкции с двумя рабочими съемными режущими кромками 6 у каждого резака. Режущие кромки 6 выполнены из высокопрочной стали в виде пилы, что значительно облегчает перерезание корней. Резаки 5 закреплены на штоках 7 силовых гидроцилиндров 8. Поршни силовых гидроцилиндров 8 перемещаются по направляющим расположенным на внутренней рабочей поверхности гидроцилиндров, чем исключается поворот резаков вокруг продольной оси. Силовые гидроцилиндры 8 шарнирно соединены с тыльными крышками 9 силовых гидроцилиндров 4 механизма захвата дерева. Силовые гидроцилиндры 8 посредством вспомогательных гидроцилиндров 10 шарнирно соединены с выступами П-образной рамы 1. С помощью вспомогательных гидроцилиндров 10 резаки могут быть установлены в рабочее положение (под углом 30 градусов к оси дерева) и в транспортное положение (перпендикулярно поверхности земли).

КПУ может агрегатироваться с валочно-пакетирующими машинами и экскаваторами. Работа устройства происходит следующим образом: валочно-пакетирующая машина, снабженная КПУ, устанавливается в рабочее положение, захватывает и зажимает дерево, устанавливает в рабочее положение резаки, которые от силовых гидроцилиндров получают поступательное рабочее движение. Резаки врезаются в грунт и продолжают перемещаться до смыкания, отсекая корневую систему. В процессе перерезания корневой системы дерева реакция от внедрения резаков воспринимается стволом дерева, не передаваясь на стрелу валочно-пакетирующей машины. Отделенное от грунта дерево прочно удерживается в вертикальном положении захватами и сомкнутыми резаками. В таком положении оно переносится к месту укладки.

КПУ может перерезать крупные корни, примыкающие к пню, тем самым увеличивая объем заготавливаемой древесины.

Исследования, проведенные в Карелия Университете Прикладных Наук (Финляндия), показывают значительное процентное содержание древесины в корневой системе сосны и ели, что наглядно продемонстрировано на рисунке 3.

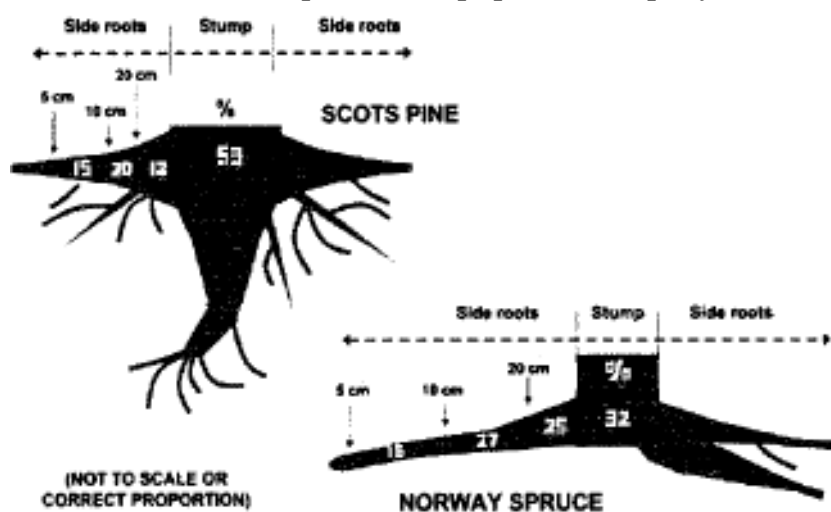


Рисунок 3. Распределение древесной массы в пнево-корневой системе шведской сосны и норвежской ели.

КПУ позволяет извлекать из земли всю пневую часть ствола и часть прилегающих крупных корней, увеличивая таким образом объем заготавливаемой древесины на 5-10%.

После проведения лесозаготовок на поверхности земли остаются лунки, в которые может осуществляться посадка крупномерных саженцев быстрорастущих пород.

ОПТИМИЗАЦИЯ ДОСТАВКИ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ В ПОРТ

Левочкин В.В., gerard812@yandex.ru, Минаев А.Н.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Задача доставки лесоматериалов в порт заключается в оптимальном распределении нитей графика движения поездов между составами, находящимися на подходе к порту.

Прибытие железнодорожного состава с лесоматериалами в порт строго определяется нитью графика движения поездов. График движения устанавливает n возможных моментов прибытия поезда в порт за одни сутки. Обозначим m – количество составов, среди которых необходимо распределить нити графика.

Пусть t_i ($i = 1, 2, \dots, N$) – моменты времени, соответствующих нитей графика движения поездов, когда железнодорожный состав прибывает в порт. Тогда элемент d_{ij} ($i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, N$), $d_{ij} \in Q^+$ матрицы D размерности $n \times n$, представляют собой интервалы времени между i -й и j -й нитями графика движения поездов $d_{ij} = t_i - t_j$, $t_i > t_j$, $i \neq j$.

Введем матрицу тяготения:

$$F = \{f_{hk} (h = 1, 2, \dots, M; k = 1, 2, \dots, M)\}, f_{hk} \in Q^+. \quad (1)$$

Эта матрица характеризует степень тяготения друг к другу железнодорожных составов, прибывающих в порт. Например, при наличии двух составов с пиловочником и одного с пиломатериалами, между составом с пиловочником и составом с пиломатериалами степень тяготения выше, чем между двумя составами с пиловочником. Это объясняется тем, что порт может принять ограниченное количество груза определенной номенклатуры в единицу времени, таким образом, между прибытием составов с одинаковой номенклатурой груза должны быть более длительные интервалы времени, чем между поездами с разной номенклатурой. Тем самым будет обеспечена более равномерная загрузка портовых мощностей и ресурсов припортовой станции.

Коэффициент степени тяготения h -го состава и k -го состава является сложной функцией (2), которая зависит от ряда показателей работы припортовой станции и порта:

$$f_{hk} = \text{function} (PSt, TO_h, TO_k, TP_h, TP_k, ZP_h, ZP_k), \quad (2)$$

где PSt – путевое развитие припортовой станции;

TO_h – технологические операции, проводимые на припортовой станции с h -м составом;

TO_k – технологические операции, проводимые на припортовой станции с k -м составом;

TP_h – время, необходимое для перегрузки в порту на судно h -го состава;

TP_k – время, необходимое для перегрузки в порту на судно k -го состава;

ZP_h – коэффициент загрузки района порта, где перерабатывается h -я номенклатура груза;

ZP_k – коэффициент загрузки района порта, где перерабатывается k -я номенклатура груза.

Методика расчета коэффициента тяготения в значительной степени определяется техническими характеристиками транспортного узла, например, площадью и типом складов, количеством подъемно-транспортного оборудования, количеством и производительностью сортировочных устройств, количеством примыкающих к припортовой станции портов [1,3].

Так, для портов и стивидорных компаний Санкт-Петербурга:

$$f_{hk} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4,$$

где k_1 – коэффициент, определяющий сходство технологических операций, выполняемых с составами на припортовой станции. Зависит от номенклатуры груза и внутрисканционной сетевой разметки и может принимать два значения:

$k_1 = 1$, если оба состава имеют одно назначение;

$k_1 = 2$, если оба состава имеют разное назначение.

k_2 – коэффициент, зависящий от количества вагонов ($N_{\text{ваг}}$) в прибывающих составах, так как в порт осуществляются подачи по 25 вагонов, то k_2 принимает следующие значения:

$k_2 = 1$, если $N_{\text{ваг}} > 50$;

$k_2 = 2$, если $25 < N_{\text{ваг}} \leq 50$;

$k_2 = 3$, если $25 \leq N_{\text{ваг}}$.

k_3 – коэффициент, учитывающий занятость подъездных путей к порту и выгрузку в одном районе порта:

$k_3 = 1$, если оба состава следуют в один порт;

$k_3 = 2$, если оба состава следуют в разные порты.

k_4 – коэффициент, учитывающий одновременное использование перегрузочных мощностей причала:

$k_4 = 1$, если оба состава перегружаются на одно судно;

$k_4 = 2$, если оба состава перегружаются на разные судна.

Коэффициент тяготения может принимать значения $1 \leq f_{hk} \leq 24$.

Матрица $C = \{c_{ih} \ (i = 1, 2, \dots, N; h = 1, 2, \dots, M)\}$ устанавливает стоимость назначения i -й нити графика движения h -му составу. Данная величина определяет интервал времени несогласованности подвода между заявкой портового диспетчера и фактически возможным временем прибытия состава в соответствии с графиком движения поездов (3):

$$c_{ih} = |gdp_i - tdp_h|, \quad (3)$$

где gdp_i – время прибытия поезда на станцию в соответствии с i -й нитью графика движения поездов;

t_{dp_h} – время прибытия h -го состава на припортовую станцию в соответствии с заявкой портового диспетчера [2, 4].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Долятовский, В.А.* Методология научных исследований / В.А. Долятовский, С.В. Яковенко, В.И. Долятовская, Я.В. Гамалей. – Ростов-на-Дону: ИУБиП, 2000. – 59 с.
2. *Котляренко, А.Ф.* Взаимодействие на транспортных стыках при внешнеторговых перевозках / А.Ф. Котляренко, П.В. Куренков // Железнодорожный транспорт. – 2002. – № 2. – С. 48-52.
3. *Oliveira, C.* Approximate Solutions to the Quadratic Assignment Problem Using GRASP with Path Relinking / C. Oliveira, M. Resende, P. Pardalos // Infroms 2010. – pp. 1-20.
4. *Sahli, S.* P-complete approximation problems / S. Sahli, T. Gonzales // Journal of ACM. – 2006. – pp. 555-565.

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ И ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССОВ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ НА ОСНОВЕ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Соколов А. П., a_sokolov@psu.karelia.ru, Сюнёв В. С., siounev@psu.karelia.ru
Петрозаводский государственный университет

Актуальность проблемы обоснования технологий и параметров процессов комплексного освоения лесных ресурсов значительно выросла в России в последние десятилетия [1, 3]. В первую очередь это связано с ускоренным ростом объемов лесозаготовок, осуществляемых с использованием сортиментной (скандинавской) технологии. Северо-Западный регион занимает ведущее место в использовании этой технологии. С другой стороны, все сильнее растет внимание к возможностям более полного использования ресурсов леса, которые предоставляет лесная биоэнергетика [3-5]. При прочих равных условиях применение сортиментной технологии и возможности использования низкосортной древесины как топлива заметно усложняет задачу эффективной организации лесозаготовительного производства, ввиду существенного увеличения разнообразия применяемых техники и технологий, а также номенклатуры производимой продукции. Все это приводит к тому, что стандартные схемы организации работ, а в особенности транспортировки продукции, оказываются малоэффективными, а построение действительно эффективных планов функционирования, ввиду сложности задачи, может быть осуществлено только при условии использования современных логистических методов.

Управление логистикой при использовании традиционного хлыстового метода – достаточно простая задача, так как все заготовленные хлысты транспортируются с делянок на один и тот же нижний склад. Применение сортиментного метода и внедрение процессов производства древесного топлива требует уделять больше внимания логистике, потому что продукция с делянок должна быть поставлена напрямую нескольким потребителям: целлюлозно-бумажным, лесопильным предприятиям, заводам, производящим древесные плиты, котельным, электростанциям на терминалы или железнодорожные станции. В России логистические подходы к обоснованию параметров

транспортировки сортиментов еще недостаточно хорошо развиты. Программное обеспечение и инструменты, разработанные в странах, располагающих значительным опытом применения сортиментного метода и транспортировки сортиментов (Финляндия и Швеция) [2, 5, 6], не всегда применимы в российских условиях. Причиной этого являются такие факторы, как одновременное использование разных, зачастую сильно отличающихся друг от друга по основным параметрам технологий и систем машин, преобладающие малоухоженные смешанные леса, сезонная доступность лесных участков, неравномерное распределение лесозаготовительных операций в течение года, специфические требования к нагрузке на ось автопоездов, собственные стандарты на круглую древесину, разные категории дорог, плохое состояние и обслуживание дорог, специфическая организационная структура российских лесозаготовительных компаний, которые имеют транспортные подразделения с собственным автопарком, гаражами и ремонтными мастерскими и т. д. Кроме того, наряду с сортиментной технологией, в России продолжают активно использоваться и хлыстовая технология и заготовка в деревьях, поэтому необходимо создавать универсальные методики и программные инструменты для обоснования технологий и параметров процессов комплексного освоения лесных ресурсов на основе логистического подхода, позволяющие решать перечисленные задачи на стратегическом, тактическом и оперативном уровнях принятия решений.

Одна из особенностей лесозаготовительного производства заключается в том, что управление объемами производства отдельных видов продукции весьма ограничено. Поэтому при планировании заготовки на определенном участке очень важно найти потребителей для всех видов продукции (включая дровяную древесину, отходы, пни), распределение которых по объему будет индивидуальным на данной конкретной делянке. Сделать это, принимая во внимание только «традиционных» потребителей продукции лесозаготовок, невозможно. В этой связи возникает необходимость увязывать развитие лесозаготовок с развитием сети потребления, в которую, наряду с лесопильными, деревообрабатывающими, целлюлозно-бумажными и другими предприятиями, входили бы и потребители некондиционной древесины и отходов такие, как, например, котельные, работающие на древесном топливе и т. п. Наличие большого числа альтернативных вариантов организации основного материального потока ЛЗП, связанное с большим разнообразием применяемых технологий, машин и оборудования усложняет принятие решений по выбору наиболее эффективного варианта, особенно в случае комплексного использования древесины.

Еще одним немаловажным аспектом в организации основного материального потока на ЛЗП является пространственное распределение его источника – леса. Лес занимает обширные территории, и в каждый конкретный момент в производственном процессе задействована только очень небольшая часть всей имеющейся у предприятия лесосырьевой базы, причем места проведения работ

изо дня в день меняются. В этой связи большое значение получают процессы развития сетей лесных дорог.

Учитывая все сказанное выше, были определены следующие важные направления реализации логистического подхода к обоснованию технологий и параметров процессов комплексного освоения лесных ресурсов:

- Обоснование параметров процессов заготовки деловой древесины
- Обоснование параметров процессов транспортировки деловой древесины.
- Определение доступных для энергетического использования объемов биомассы на делянках.
- Обоснование параметров процессов заготовки и транспортировки топливной древесины.
- Обоснование параметров процессов развития лесной дорожной сети.

Для реализации логистического подхода к обоснованию технологий и параметров процессов комплексного освоения лесных ресурсов должна быть разработана взаимосвязанная группа методов, алгоритмов и компьютерных инструментов для решения конкретных задач в каждом из перечисленных направлений. В рамках реализации логистического подхода к обоснованию технологий и параметров процессов комплексного освоения лесных ресурсов должно быть обеспечено решение различных задач на разных уровнях, отличающихся величиной горизонта принятия решений на промежутке от нескольких лет до одного дня (рисунок 1).



Рисунок 1 - Уровни задач по обоснованию технологий и параметров процессов освоения лесных ресурсов

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Герасимов, Ю. Ю. Анализ развития лесозаготовок на Северо-Западе России / Ю. Ю. Герасимов // Лес и бизнес. - 2007. - №3. - С. 58.
- 2.Герасимов, Ю. Ю. Методика принятия решений по оптимизации лесозаготовительных планов / Ю. Ю. Герасимов, А. П. Соколов // Научный журнал КубГАУ. - 2011. - №5 (69). - С. 320-334.

3. Особенности функциональной логистики лесозаготовок / А. П. Соколов, В. С. Сюнёв, А. А. Селиверстов, Ю. В. Суханов // Resources and Technology. - 2014. - Т.11, №.1. - С. 50-65.
4. Соколов, А. П. Логистическая концепция организации лесозаготовительного производства / А. П. Соколов, В. С. Сюнёв // Ученые записки ПетрГУ. - 2014. - №4 (141). - С.88-94.
5. Соколов, А. П. Функциональная логистика лесозаготовительного предприятия / А. П. Соколов, Ю. Ю. Герасимов. - Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2013. - 84 с.
6. Gerasimov, Yu.Yu. Improving Cut-to-length Operations Management in Russian Logging Companies Using a New Decision Support System / Yu.Yu. Gerasimov, A. P. Sokolov, D. Fjeld // Baltic Forestry. - 2013. - Vol. 19, №.1 (36). - P.89-105.

ЛОГИСТИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ – ОСНОВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

Салминен Э.О., Симоненков М.В., Бачериков И.В.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Используемая на производстве техника и технология, конечно, имеют серьезное значение в конкурентной борьбе промышленных предприятий, но в наш информационный век новшества техники и технологии распространяются так быстро, что любые новшества быстро становятся доступными всем предприятиям. Учитывая, что в среднем только 5% времени затрачивается на изготовление продукт, а остальное время затрачивается на перемещение сырья, полуфабрикатов, готовой продукции, хранение, погрузку, разгрузку и другие сопутствующие операции, большое значение имеет сокращение общего времени от добычи сырья до передачи готовой продукции конечному потребителю. В этих условиях возрастает значение логистики как науки о движении материальных, информационных и финансовых потоков, и как научно-практического хозяйствования.

Лесопромышленный комплекс работает в особых условиях, требующих учета множества изменяющихся переменных в процессе деятельности и во времени и в пространстве. Такими условиями являются необходимость сбора сырья с больших площадей, неравномерность размещения сырья по осваиваемой площади, разные породы, разного качества, зависимость технологического процесса от погодно-климатических условий, необходимость учета лесохозяйственных требований по срокам примыкания лесосек, необходимость заготовки всей произрастающей древесины, не имеющей спроса на рынке, необходимость наличия густой сети дорог с малой интенсивностью движения, но обеспечивающих проезд тяжелых транспортных средств, сезонность лесозаготовительного процесса.

Несмотря на сезонность лесозаготовительного процесса, должна быть обеспечена равномерная работа перерабатывающих предприятий. Это требует наличия больших запасов на различных стадиях производственного процесса, что ведет к замораживанию финансовых средств, повышению общих затрат.

В связи со сложностью рассматриваемой задачи в настоящее время каждый технологический процесс рассматривается, как правило, отдельно, что не

обеспечивает минимизации общих затрат на весь транспортно-технологический процесс.

Разработана методика обоснования оптимальных параметров производственных транспортно-технологических процессов снабжения лесоматериалами предприятий переработки с учетом фактического состава разрабатываемой лесосырьевой базы. Для этого решена задача назначения схем раскряжевки хлыстов, для обеспечения спроса перерабатывающих предприятий и минимизировать затраты на заготовку, транспортировку и хранение древесины.

Для назначения схем раскряжевки хлыстов создаются приоритетные списки, составляемые с учетом спроса.

Приоритетные списки для каждой породы составляются с учетом показателя приоритета.

Показатель приоритета сортимента a в списке, определяется по следующей формуле:

$$o_a = \frac{p_a}{p_{max}} + \frac{demand_a}{demand_{max}}, \quad (1)$$

где p_a – средняя стоимость продажи сортимента a потребителям j , руб; p_{max} – максимальная стоимость продажи сортимента a из числа всех продаваемых сортиментов потребителям j , руб; $demand_a$ – суммарный спрос на сортимент a у потребителей j , м³; $demand_{max}$ – максимальный общий спрос на сортимент a из числа всех продаваемых сортиментов потребителям j , м³.

Схемы раскряжевки получаются путём применения приоритетного листа к деревьям различных ступеней толщины, с помощью алгоритма. Расчёт выполняется для длин кратных минимальной градации длины поставляемых сортиментов по ГОСТ 9463-88, ГОСТ 9462-88.

Для расчета затрат по видам деятельности разработана логистико-математическая модель:

$$\begin{aligned} & \sum_{\beta,s,h,d,a \in R_i^s} c_{\beta ishd}^l z_{\beta si} k_{\beta shda} n_{dhsi} v_{shd} + \sum_{\beta,s,h,d,a \in R_o^s} c_{\beta oshd}^l z_{\beta so} k_{\beta shda} n_{dhso} v_{shd} \\ & + \sum_{\beta,s,h,d,a \in R_o^s} c_{ao}^f z_{\beta so} k_{\beta shda} n_{dhso} v_{shd} + \sum_{i,j,a,g \in R_{ij}^o} c_{ija}^t x_{ijag}^o \\ & + \sum_{i,q,a,g \in R_{iq}^o} (c_{qa}^w + c_{iqa}^t) x_{iqag}^o + \sum_{q,j,a,g \in R_{qj}^o} c_{qja}^t x_{qjag}^o \\ & + \sum_{q,w,a,g \in R_{qw}^o} (c_{wa}^w + c_{qwa}^t) x_{qwag}^o + \sum_{o,j,a,g \in R_{oj}^f} (c_{oa}^f + c_{oja}^t) x_{ojag}^f \\ & + \sum_{o,q,a,g \in R_{oq}^f} (c_{oa}^f + c_{qa}^w + c_{oqa}^t) x_{oqag}^f + \sum_{i,j,a,g \in R_{ij}^p} (c_{ia}^p + c_{ija}^t) x_{ijag}^p \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \sum_{i,q,a,g \in R_{iq}^p} (c_{ia}^p + c_{qa}^w + c_{iqa}^t) x_{iqag}^p + \sum_{q,j,a,g \in R_{qj}^p} (c_{qa}^p + c_{qja}^t) x_{qjag}^p \\
& + \sum_{w,q,a,g \in R_{wq}^p} (c_{wa}^p + c_{qa}^w + c_{wqa}^t) x_{wqag}^p + \sum_{o,j,a,g \in R_{oj}^p} (c_{oa}^p + c_{oja}^t) x_{ojag}^p \\
& + \sum_{o,q,a,g \in R_{oq}^p} (c_{oa}^p + c_{qa}^w + c_{oqa}^t) x_{oqag}^p + \sum_{j,g \in R_j^\omega} c_j^\omega \omega_{jg}^U + \sum_{q,g \in R_q^\omega} \square_q^\omega \omega_{qg}^U \rightarrow \min.
\end{aligned}$$

Функция оптимизации состоит из 17 элементов: **первый, второй** отображают затраты на заготовку сортиментов в соответствии с назначенными на делянке схемами раскряжёвки; **третий** отображает стоимость подряда на заготовке; **четвёртый, пятый** отображают затраты на перевозку сортиментов лесовозными автопоездами с лесосек на связанных с ними потребителей и склады соответственно; **шестой, седьмой** отображают затраты на перевозку сортиментов со складов на связанных с ними потребителей и склады соответственно; **восьмой, девятый** отображают затраты на перевозку сортиментов с лесосек, заготавливаемых силами подрядных организаций, на связанных с ними потребителей и склады соответственно; **десятый, одиннадцатый** отображают затраты на перевозку купленных у поставщика сортиментов с лесосек, заготавливаемых силами поставщика, во двор собственных производств и собственные склады соответственно; **двенадцатый, тринадцатый** отображают затраты на перевозку купленных у поставщика сортиментов лесовозными автопоездами со складов поставщика во двор собственных производств и собственные склады соответственно; **четырнадцатый, пятнадцатый** отображают на перевозку купленных у поставщика сортиментов лесовозными автопоездами с лесосек, заготавливаемых силами поставщика с подключением подрядных организаций, во двор собственных производств и собственные склады соответственно; **шестнадцатый** и **семнадцатый** отображают штрафы за невыполнение контрактов по поставке. Критерий оптимальности – минимум суммарных затрат.

В модели учитываются ограничения по приоритетным спискам по лесозаготовке, по потреблению, по хранению сортиментов на складах, а также ограничения, разделяющие доставку и покупку сортиментов, позволяющие находить решения задачи сразу для группы смежно расположенных предприятий.

Модель реализована в системе математического моделирования AIMMS. Данная модель дает возможность минимизировать затраты не только в деятельности одного лесозаготовительного предприятия, но и комплекса предприятий или в целом оптимизировать работу лесного комплекса региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Симоненков М.В. Оптимизационная модель ежегодного планирования снабжения круглыми лесоматериалами / М.В. Симоненков, Э.О. Салминен // Научное обозрение. - 2016. - № 15. - С. 187-196.

2. Симоненков М.В. Оптимизация ежемесячного планирования лесных грузопотоков / М.В. Симоненков, Э.О. Салминен, И.В. Бачериков // Resources and Technology. - 2016. - № 13 (3). - С. 1–29.

3. Симоненков М.В. Основы для разработки системы мониторинга перемещения и поштучной автоматической идентификации круглых лесоматериалов в цепи поставок / М.В. Симоненков, Э.О. Салминен, И.В. Бачериков // Resources and Technology. - 2016. - № 13 (4). - С. 12–26.

ЛЕСНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА КАК ЭЛЕМЕНТ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РЕГИОНА

Салминен Э.О.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Развитие цивилизации определяется развитием транспорта, транспортных систем, транспортных связей. Природные богатства их добыча и переработка сосредоточены в одних местах, а потребность в других местах. Обмен этими богатствами и результатами их обработки требовал перемещения результатов труда, что превращало их в товары. Перемещение результатов труда требовало транспортных средств, транспортных путей. Первыми путями были естественные водные пути, тропы и гужевые средства. Реки обустроивались, соединялись каналами, тропы превращались в обустроенные дороги – так развивалась транспортная система. Исторически такое развитие приводило к тому, что транспортные связи появлялись в виде радиальной схемы от мест производства к центрам потребления – большим поселениям – городам. Этот же исторический, естественный процесс приводил к неравномерному развитию регионов и в целом цивилизации.

Развитие путей в виде радиальной схемы приводил к дальнейшему развитию вдоль этих путей. Регионы в стороне от обустроенных путей отставали в своем развитии.

Вдоль этих же путей и для развития путей использовались естественные строительные материалы и, в первую очередь леса, как источники и строительных материалов и как источники энергии.

Как результат такого исторического и объективно объяснимого развития мы имеем радиальную схему транспортных путей, которые сегодня не обеспечивают эффективного рационального равномерного развития регионов, увеличивает транспортные расходы.

Развитие сети автомобильных дорог является важнейшим условием функционирования экономических систем современных государств. Для России с ее протяженной территорией данный вопрос традиционно представляет особую значимость. Недостаточные темпы расширения автодорожной сети, низкое качество дорожного строительства, неравномерное обеспечение дорогами различных регионов страны – все эти факторы существенно снижают эффективность российской экономики и негативным образом влияют на потенциал ее дальнейшего развития (1). Вместо развития регионов на карте все больше появляется отметок о населенных пунктах – “не жилой”.

В первую очередь это отражается на развитии лесного (и сельского) хозяйства. Потребности в обустроенных транспортных связях регионов растут быстрее, чем происходит воспроизводство лесов или воспроизводство продуктов запущенного сельского хозяйства.

В последнее время очень много говорится о переходе на интенсивное, не истощительное лесопользование, но какое может быть интенсивное лесопользование без лесной транспортной инфраструктуры.

Лесные дороги нужны не только для ведения лесного хозяйства и лесозаготовок, но они имеют большое социальное значение для местного населения, для развития регионов в целом.

Сложившаяся практика планирования и проектирования строительства дорог для отдельных отраслей, часто для отдельных предприятий, без учета общих потребностей региона, приводит к нерациональному использованию средств, не рациональной для развития региона схеме транспортных путей.

Довлеющая сегодня идея “сделать несколько богатых людей и они поднимут экономику страны” влияет и на систему планирования и управления на региональном уровне, отрицательно влияет на развитие транспортной инфраструктуры региона в угоду какой-то отдельной отрасли. Обеспечив транспортной инфраструктурой какую-то отдельную отрасль в регионе, мы не поднимем экономику региона в целом, а часто и сдерживаем общее развитие региона.

К сожалению, развитие лесной транспортной инфраструктуры сдерживается и постоянно меняющимся законодательством. Всем известно, что дороги невозможно построить без дорожно-строительных материалов. Если даже в районе строительства дороги есть месторождения местных дорожно-строительных материалов, то получить разрешение на их использование практически невозможно. Поправки к Закону РФ “О недрах” создали условия на основании которых Комитет по природным ресурсам не выдает разрешений на использование участков выемки грунта, т.е. на использование местных материалов для дорожного строительства (2).

Дороги строить и содержать их в эксплуатационном состоянии очень дорого, поэтому только совместное рациональное для всего региона использование средств для развития и содержания дорог местного значения может привести к общему развитию. Для лесных регионов страны сеть лесных дорог, соединенных с федеральными и региональными магистральными путями, может в дальнейшем стать основой для развития региональной транспортной инфраструктуры региона.

Международный опыт создания Международных транспортных коридоров (МТК) показал, что развитие МТК всегда приводит к развитию прилегающих регионов. Развивать надо не только “Центры”. Развивать надо всю страну. А без дорог этого не может быть.

А делаем, как всегда, все наоборот, говоря о необходимости перехода на интенсивное, многоцелевое, не истощительное лесопользование из учебных

планов подготовки специалистов, убрали все, что касается лесной транспортной инфраструктуры.

Без дорог нет развития регионов, без развития регионов нет полноценного развития экономики страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. О перспективах развития сети автомобильных дорог на территории Российской Федерации. (К “Правительственному часу” в рамках 368-го заседания Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации 25 февраля 2015 года). Аналитический вестник №3 (556). М. 2015. 64 с.

2. Закон РФ “О недрах” от 21.02.1992. статья 19.

ПРИМЕНЕНИЕ НАНО-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ

Э.О. Салминен, А.А. Борозна, И.П. Кобыльсков, Д.В. Пушков

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Развал лесного машиностроения привел к ситуации, когда отечественные относительно недорогие машины и оборудование вынуждены заменять зарубежными машинами высокой стоимости. Малые и средние лесные предприятия не имеют средств для приобретения такой техники и остаются вне конкуренции. В отрасли еще остается значительное количество старого оборудования, которое могло бы еще работать, но вместе с изготовлением новых машин практически прекратилось и производство запасных частей. Разработанная в России технология восстановления изношенного оборудования, так называемая РВС технология, может значительно продлить возможность работы машин в лесной отрасли. Принятая Правительством концепция импортозамещения требует восстановления лесного машиностроения, а это требует и средств и времени. Лесная отрасль не может остановиться и выходом из создавшейся ситуации может быть принято использование РВС-технологии для продления жизненного цикла существующего в отрасли оборудования.

РВС-технология - это уникальная энергоресурсосберегающая технология предотвращения износа новых и восстановления изношенных узлов и механизмов без разборки в режиме штатной эксплуатации, представляющая собой совокупность технологических операций использования ремонтно-восстановительных составов (РВС), состоящих из природных минералов, добавок и катализаторов ().

РВС - это мелкодисперсная, многокомпонентная смесь минералов, добавок, катализаторов.

Основным сырьем для его изготовления являются шунгит, серпентинит и нефрит. Добавки и катализаторы - это «ноу - хау». Размер частиц - 1-10 мкм. Порошки РВС представляют собой магнезиально-железистый силикат (серпентин), являющийся формой ряда минеральных руд класса оливинов. Эти минералы являются изоморфными.

Серпентиниты – минералы сложного состава подкласса слоистых силикатов, содержащие $Mg_6[Si_4O_{10}][OH]_8$, или $3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$. Обычно в серпентине присутствуют примеси Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al, Ni, иногда Ti, Mn, Ca.

Под этим общим названием объединяется ряд структурных разновидностей, главными из которых являются антигорит, хризотил, лизардит.

Для изготовления РВС - составов используются серпентины из различных месторождений и имеют следующий вид:

$Mg_6(Si_4O_{10})(OH)_8$ или $3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ или $(MgOH)_6Si_4 \cdot 11H_2O$. Химический состав MgO – 43%, SiO_2 – 44%, H_2O – 13%.

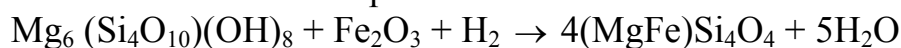
Серпентин имеет различные минеральные виды, основные из них:

Антигорит $(Mg,Fe)_3(Si_2O_5)(OH)_4$

Хризотил $Mg(Si_2O_5)(OH)$

Лизардит $Mg(Si_2O_5)9OH)_4$

В процессе работы механизма под действием высокой температуры и давления между РВС-частицами и кристаллами фаз металла происходит реакция, электроны из внешних оболочек атомов минерала переходят на внешние оболочки атомов основного металла трущихся деталей и образуют на границе дополнительный более прочный слой:



При этом на кристаллической решетке металла происходит образование новых кристаллов. Кристаллы ориентированы вдоль поля, и срастаясь, образуют на всей поверхности пятна контакта непрерывный ряд твердых монокристаллов. Формируемый слой имеет очень высокую адгезию к поверхности и обладает высокой износостойкостью и низкой антифрикционностью. Образованная таким способом поверхность обладает способностью прочно удерживать смазку, не давая ему стекать даже при длительной остановке, обладает уникальными свойствами.

РВС в смазках не растворяется, в химические реакции с ними не вступает. Вязкость не меняет (ввиду очень малой концентрации РВС в масле). Экологически безвреден как в порошке, так и в процессе его приработки.

Для донесения РВС до поверхности трения может быть использован любой жидкий носитель (масло, керосин, спирт и вода и прочее). Эти же жидкие носители обеспечивают устранение с поверхности трения и контакта продуктов износа и разложения масел (присадок) в процессе приработки частиц РВС.

Необходимо отметить, что при трении деталей, покрытых модифицированным слоем, значительно снижаются требования к качеству применяемых масел. Масло уже не должно выполнять функцию эффективного третьего тела, а лишь функцию теплоотвода, аналогично тосолу. Таким образом, предлагаемая технология, позволяет провести полный капитальный ремонт изношенного механизма с последующей обкаткой, со значительным увеличением его эксплуатационного ресурса, повышением мощности и КПД, причем дешевле и технологически проще обычного ремонта.

Особенностью РВС-технологии является то, что

- работы выполняются в режиме штатной эксплуатации оборудования без остановки технологического процесса;
- при своевременном применении значительно дешевле и эффективнее традиционного ремонта;
- позволяет восстанавливать эксплуатационные характеристики оборудования с износом до **50%**, а в отдельных случаях имеющего предельно допустимый износ;
- применяется не только для восстановления изношенных узлов механизмов, а также для предотвращения износа новых;
- ремонтно-восстановительные составы не влияют на физико-химический состав масел и смазок, не требуют добавки при замене последних, т.к. не являются присадками.

Большой положительный опыт использования РВС-технологии в различных отраслях промышленности, энергетики и транспорта, подтверждает, что обработанные по РВС-технологии механизмы эксплуатируются с выгодным для потребителя технико-экономическим эффектом:

- снижение потребления электроэнергии и топлива на 2-15%;
- увеличение межремонтного ресурса работы узлов и механизмов в 2 и более раз;
- увеличение полезной мощности для различного типа механизмов от 5-15%;
- увеличение ресурса масел в 2 и более раз;
- снижение шумов и вибраций при работе механизмов;
- снижение вредных выбросов двигателей внутреннего сгорания (ДВС);
- увеличение выносливости механизмов при экстремальных режимах эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Салминен Э.О., Борозна А.А., Кобыльсков И.П., Сизов А.Ю. Повышение энергоэффективности и надёжности работы механизмов лесопромышленного комплекса на основе использования РВС-технологий. Материалы 5 международной научно-технической конференции "Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надёжность машин, приборов и оборудования. Вологда. 2009, 58-61
2. Салминен Э.О., Борозна А.А., Кобыльсков И.П., Сизов А.Ю. Использование нанотехнологий для повышения надёжности и эффективности работы машин и оборудования в лесопромышленном комплексе. СПб. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Выпуск 182. 2010 г.
3. Салминен Э.О., Борозна А.А., Пушков Д.В., Кобыльсков И.П. СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЁМКОСТИ И ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ РАБОТЫ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ. Международная научно-техническая конференция "Опыт лесопользования в условиях РФ и Финноскандии" Петрозаводск, 2011. 41 – 42.
5. Салминен Э.О., Пушков Д.В., Борозна А.А. Использование нанотехнологий для снижения энергоёмкости и повышения надёжности работы машин и оборудования в лесном комплексе. М. МГУЛ. 2012. с. 16 - 20 .
6. Салминен Э.О., Насковец М.Т., Пушков Д.В., Борозна А.А. Применение ремонтно-восстановительных составов для снижения энергоёмкости машин и технологического оборудования. Наука и технология строительных материалов, Состояние и перспективы. Международная научно-техническая конференция. Минск. 2013. Изд. БГТУ. С 158 – 161.

8. Салминен Э.О., Борозна А.А., Пушков Д.В. Повышение надежности и снижение энергоемкости транспортно-технологических машин Сборник трудов III международной научно-практической конференции. Том I секция "Транспорт и логистика" – Санкт-Петербург: Национальный минерально-сырьевой университет "Горный", 2015, №1, с. 23-27

ЛОГИСТИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ – ОСНОВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

Салминен Э.О., Симоненков М.В., Бачериков И.В.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Используемая на производстве техника и технология, конечно, имеют серьезное значение в конкурентной борьбе промышленных предприятий, но в наш информационный век новшества техники и технологии распространяются так быстро, что любые новшества быстро становятся доступными всем предприятиям. Учитывая, что в среднем только 5% времени затрачивается на изготовление продукт, а остальное время затрачивается на перемещение сырья, полуфабрикатов, готовой продукции, хранение, погрузку, разгрузку и другие сопутствующие операции, большое значение имеет сокращение общего времени от добычи сырья до передачи готовой продукции конечному потребителю. В этих условиях возрастает значение логистики как науки о движении материальных, информационных и финансовых потоков, и как научно-практического хозяйствования.

Лесопромышленный комплекс работает в особых условиях, требующих учета множества изменяющихся переменных в процессе деятельности и во времени и в пространстве. Такими условиями являются необходимость сбора сырья с больших площадей, неравномерность размещения сырья по осваиваемой площади, разные породы, разного качества, зависимость технологического процесса от погодно-климатических условий, необходимость учета лесохозяйственных требований по срокам примыкания лесосек, необходимость заготовки всей произрастающей древесины, не имеющей спроса на рынке, необходимость наличия густой сети дорог с малой интенсивностью движения, но обеспечивающих проезд тяжелых транспортных средств, сезонность лесозаготовительного процесса.

Несмотря на сезонность лесозаготовительного процесса, должна быть обеспечена равномерная работа перерабатывающих предприятий. Это требует наличия больших запасов на различных стадиях производственного процесса, что ведет к замораживанию финансовых средств, повышению общих затрат.

В связи со сложностью рассматриваемой задачи в настоящее время каждый технологический процесс рассматривается, как правило, отдельно, что не обеспечивает минимизации общих затрат на весь транспортно-технологический процесс.

Разработана методика обоснования оптимальных параметров производственных транспортно-технологических процессов снабжения лесоматериалами предприятий переработки с учетом фактического состава

разрабатываемой лесосырьевой базы. Для этого решена задача назначения схем раскряжевки хлыстов, для обеспечения спроса перерабатывающих предприятий и минимизировать затраты на заготовку, транспортировку и хранение древесины.

Для назначения схем раскряжевки хлыстов создаются приоритетные списки, составляемые с учетом спроса.

Приоритетные списки для каждой породы составляются с учетом показателя приоритета.

Показатель приоритета сортимента a в списке, определяется по следующей формуле:

$$o_a = \frac{p_a}{p_{max}} + \frac{demand_a}{demand_{max}}, \quad (1)$$

где p_a – средняя стоимость продажи сортимента a потребителям j , руб; p_{max} – максимальная стоимость продажи сортимента a из числа всех продаваемых сортиментов потребителям j , руб; $demand_a$ – суммарный спрос на сортимент a у потребителей j , м³; $demand_{max}$ – максимальный общий спрос на сортимент a из числа всех продаваемых сортиментов потребителям j , м³.

Схемы раскряжевки получаются путём применения приоритетного листа к деревьям различных ступеней толщины, с помощью алгоритма. Расчёт выполняется для длин кратных минимальной градации длины поставляемых сортиментов по ГОСТ 9463-88, ГОСТ 9462-88.

Для расчета затрат по видам деятельности разработана логистико-математическая модель:

$$\begin{aligned} & \sum_{\beta,s,h,d,a \in R_i^s} c_{\beta ishd}^l z_{\beta si} k_{\beta shda} n_{dhsi} \square_{shd} \\ & + \sum_{\beta,s,h,d,a \in R_o^s} c_{\beta oshd}^l z_{\beta so} k_{\beta shda} n_{dhso} v_{shd} \\ & + \sum_{\beta,s,h,d,a \in R_o^s} c_{ao}^f z_{\beta so} k_{\beta shda} n_{dhso} v_{shd} + \sum_{i,j,a,g \in R_{ij}^o} c_{ija}^t x_{ijag}^o \\ & + \sum_{i,q,a,g \in R_{iq}^o} (c_{qa}^w + c_{iqa}^t) x_{iqag}^o + \sum_{q,j,a,g \in R_{qj}^o} c_{qja}^t x_{qjag}^o \\ & + \sum_{q,w,a,g \in R_{qw}^o} (c_{wa}^w + c_{qwa}^t) x_{qwag}^o + \sum_{o,j,a,g \in R_{oj}^f} (c_{oa}^f + c_{oja}^t) x_{ojag}^f \\ & + \sum_{o,q,a,g \in R_{oq}^f} (c_{oa}^f + c_{qa}^w + c_{oqa}^t) x_{oqag}^f + \sum_{i,j,a,g \in R_{ij}^p} (c_{ia}^p + c_{ija}^t) x_{ijag}^p \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \sum_{i,q,a,g \in R_{iq}^p} (c_{ia}^p + c_{qa}^w + c_{iqa}^t) x_{iqag}^p + \sum_{q,j,a,g \in R_{qj}^p} (c_{qa}^p + c_{qja}^t) x_{qjag}^p \\
& + \sum_{w,q,a,g \in R_{wq}^p} (c_{wa}^p + c_{qa}^w + c_{wqa}^t) x_{wqag}^p + \sum_{o,j,a,g \in R_{oj}^p} (c_{oa}^p + c_{oja}^t) x_{ojag}^p \\
& + \sum_{o,q,a,g \in R_{oq}^p} (c_{oa}^p + c_{qa}^w + c_{oqa}^t) x_{oqag}^p + \sum_{j,g \in R_j^\omega} c_j^\omega \omega_{jg}^U + \sum_{q,g \in R_q^\omega} c_q^\omega \omega_{qg}^U \rightarrow \min.
\end{aligned}$$

Функция оптимизации состоит из 17 элементов: **первый, второй** отображают затраты на заготовку сортиментов в соответствии с назначенными на делянке схемами раскряжёвки; **третий** отображает стоимость подряда на заготовке; **четвёртый, пятый** отображают затраты на перевозку сортиментов лесовозными автопоездами с лесосек на связанных с ними потребителей и склады соответственно; **шестой, седьмой** отображают затраты на перевозку сортиментов со складов на связанных с ними потребителей и склады соответственно; **восьмой, девятый** отображают затраты на перевозку сортиментов с лесосек, заготавливаемых силами подрядных организаций, на связанных с ними потребителей и склады соответственно; **десятый, одиннадцатый** отображают затраты на перевозку купленных у поставщика сортиментов с лесосек, заготавливаемых силами поставщика, во двор собственных производств и собственные склады соответственно; **двенадцатый, тринадцатый** отображают затраты на перевозку купленных у поставщика сортиментов лесовозными автопоездами со складов поставщика во двор собственных производств и собственные склады соответственно; **четырнадцатый, пятнадцатый** отображают на перевозку купленных у поставщика сортиментов лесовозными автопоездами с лесосек, заготавливаемых силами поставщика с подключением подрядных организаций, во двор собственных производств и собственные склады соответственно; **шестнадцатый** и **семнадцатый** отображают штрафы за невыполнение контрактов по поставке. Критерий оптимальности – минимум суммарных затрат.

В модели учитываются ограничения по приоритетным спискам по лесозаготовке, по потреблению, по хранению сортиментов на складах, а также ограничения, разделяющие доставку и покупку сортиментов, позволяющие находить решения задачи сразу для группы смежно расположенных предприятий.

Модель реализована в системе математического моделирования AIMMS. Данная модель дает возможность минимизировать затраты не только в деятельности одного лесозаготовительного предприятия, но и комплекса предприятий или в целом оптимизировать работу лесного комплекса региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Симоненков М.В. Оптимизационная модель ежегодного планирования снабжения круглыми лесоматериалами / М.В. Симоненков, Э.О. Салминен // Научное обозрение. - 2016. - № 15. - С. 187-196.

2. Симоненков М.В. Оптимизация ежемесячного планирования лесных грузопотоков / М.В. Симоненков, Э.О. Салминен, И.В. Бачериков // Resources and Technology. - 2016. - № 13 (3). - С. 1–29.

3. Симоненков М.В. Основы для разработки системы мониторинга перемещения и поштучной автоматической идентификации круглых лесоматериалов в цепи поставок / М.В. Симоненков, Э.О. Салминен, И.В. Бачериков // Resources and Technology. - 2016. - № 13 (4). - С. 12–26.

РАЗВИТИЕ ЛЕСНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В УСЛОВИЯХ ВНЕДРЕНИЯ ИНТЕНСИВНОЙ МОДЕЛИ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА И ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ

Т.В. Якушева, ytvles@mail.ru, Т.С. Антонова, antonova.stl@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Лесная отрасль имеет важное стратегическое значение для развития экономики России, тем не менее, ресурсы отечественных лесов используются недостаточно эффективно, процент ее доли в мировой лесной промышленности падает в течение последних десятилетий. Отсутствие чёткой регулирующей роли государства как собственника лесного фонда в условиях разобщения лесохозяйственных, лесозаготовительных и лесоперерабатывающих предприятий, испытывающих дефицит инвестиций для технического перевооружения производства, в значительной мере обусловило проблемы отечественного лесопромышленного комплекса. В настоящее время ключевые подходы к улучшению ситуации в лесном секторе экономики Российской Федерации обозначены в Концепции интенсивного использования и воспроизводства лесов, разработанной ФБУ «СПбНИИЛХ» и одобренной Рослесхозом в 2015 году [1].

В соответствии с данной Концепцией возникла необходимость в совершенствовании лесопромышленного комплекса в целом, и лесной транспортной инфраструктуры в лесах различного целевого назначения по типам дорог, в частности. Одним из основных принципиальных подходов – является принцип многоцелевого и неистощительного использования лесов, а также сохранения покрытой лесом площади.

Лесная транспортная инфраструктура является одной из важнейших составных частей лесопромышленного комплекса, включающая сеть транспортных путей, соединяющих лесопользователей с конечными потребителями лесопродукции. От уровня развития лесной транспортной инфраструктуры во многом зависит состояние и перспективы развития всего лесного сектора экономики. Для России состояние лесной транспортной инфраструктуры является определяющим фактором развития лесного хозяйства, его конкурентоспособности на мировых товарных рынках.

Для выполнения лесохозяйственных мероприятий в той или иной степени используются все дороги, имеющиеся в лесах, в то время как для нужд вывозки лесоматериалов требуется создание и поддержание улучшенных дорог с твёрдым покрытием круглогодочного действия, рассчитанных на регулярное

движение лесовозных автопоездов. Слабое развитие дорожной сети тормозит развитие лесозаготовок, обеспечение сырьем высокотехнологичных деревоперерабатывающих производств, прежде всего, целлюлозно-бумажных, а также создание новых мощностей по переработке древесины, для которых имеются сырьевые ресурсы. Усложняется выполнение лесохозяйственных, особенно противопожарных мероприятий.

Для успешного выполнения всех вышеуказанных аспектов, нужен обоснованный стратегический сценарий развития, в том числе, кластерный подход. Реализация интенсивной модели лесопользования должна способствовать максимально эффективному освоению лесосечного фонда, сокращению потерь древесного сырья в процессе заготовки и переработки. Речь идет о снижении объемов образующихся отходов и их переработки, о ликвидации недорубов прошлых лет, сокращении потерь заготовленной древесины от несвоевременной вывозки, несовершенных методов транспортировки, накопления древесины у временных транспортных путей.

Интенсивная модель подразумевает: ведение устойчивого лесного хозяйства, неистощительность лесопользования; повышение рентабельности производств по заготовке и переработке лесных ресурсов; увеличение выпуска продукции с высокой добавленной стоимостью и рост на этой основе дохода в пересчете на 1 м³ заготовленной древесины; сохранение биологических функций лесов, в том числе, путем проведения научно обоснованных и адаптированных к региональным условиям и характеристикам насаждений коммерческих рубок ухода; проведение рубок ухода в молодняках; формирование древостоев нужной сортиментной структуры; эффективное обеспечение лесовозобновления при сохранении биоразнообразия и других социально и экологически значимых функций лесов [1]. Указанных целей невозможно достичь при существующем уровне транспортной инфраструктуры. С точки зрения реализации указанных принципов существуют определенные технологические и экономические решения, которые позволяют достигать требуемых результатов, в том числе развитие и поддержание дорожной инфраструктуры за счет равномерного изъятия древесины с каждого выдела при рубках ухода и финальных рубках спелых насаждений. Таким образом, Концепция интенсивного использования и воспроизводства лесов не предъявляет более высоких (и затратных) требований к дорожной сети, сохраняет в целом требования к густоте лесной транспортной инфраструктуры на уровне 10-12 км на 1000 га, но подразумевает ее максимально рациональное размещение с учетом многоцелевого использования лесов, поддержание в надлежащем состоянии.

Одним из важнейших показателей интенсивной модели является ее экономическая эффективность. Арендатор лесного участка, исходя из существующей дорожной сети, технических возможностей, потребностей в лесных ресурсах определяет местоположение и протяженность дорог планируемых к строительству для осуществления своей деятельности. Следует отметить, что рыночные отношения, конкуренция на товарном рынке, стремление к увеличению прибыли вынуждают лесопользователей

минимизировать собственные затраты на строительство, содержание и ремонт лесных дорог, снижая тем самым транспортную составляющую в себестоимости продукции. Невозможно обеспечить экономический эффект без развития сети автомобильных дорог, так как в числе важнейших тенденций развития транспорта леса в стране является непрерывное увеличение доли автомобильной вывозки леса и других лесных грузов, а также увеличение расстояния транспортировки лесных грузов. Удельный вес транспортных операций в общих трудозатратах лесозаготовительного предприятия в зависимости от среднего объема хлыста составляет до 25 %. Это особенно остро ставит проблему снижения трудоемкости лесовозного автомобильного транспорта и себестоимости вывозки.

Для обеспечения государственной поддержки развития лесной транспортной инфраструктуры в рамках интенсивной модели использования лесов важно разработать комплекс мер по государственно-частному партнерству при создании лесной транспортной инфраструктуры. В частности, необходима государственная поддержка создания дорожной инфраструктуры в форме государственного долевого финансирования строительства лесных дорог, предназначенных для лесохозяйственных мероприятий, а также для освоения новых лесосырьевых баз, расположенных вдали от существующих магистралей с целью решения социальных вопросов. Следует разработать на уровне субъектов Российской Федерации предложения по оптимизации сети лесных автомобильных дорог с учетом функционирующих лесозаготовительных и лесоперерабатывающих предприятий, перспектив развития лесного комплекса региона, а также смежных отраслей на долгосрочную перспективу (до 49 лет – максимального срока аренды лесных участков); дополнить схемы территориального развития субъектов Российской Федерации, для которых лесопромышленный комплекс является одним из приоритетных направлений, предложения по формированию сети лесных автомобильных дорог региона; дополнить соответствующие разделы документов лесного планирования субъекта Российской Федерации данными о ежегодных обоснованных объемах мероприятий по развитию лесной транспортной инфраструктуры с учетом комплексного использования лесных ресурсов, развития существующих предприятий-потребителей лесного сырья, перспектив реализации инвестиционных проектов в области освоения лесов; на уровне субъекта представить порядок разработки, рассмотрения, согласования и утверждения схем транспортного освоения лесных участков, на основании которого, в дальнейшем, будет разрабатываться предпроектная и проектная документация для строительства лесных дорог.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция интенсивного использования и воспроизводства лесов / Минприроды России, Рослесхоз, ФБУ «СПбНИИЛХ». – СПб.: ФБУ «СПбНИИЛХ», 2015. – 16 с.

Секция «Современные проблемы древесиноведения, обработки древесины и деревянного домостроения»

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТАНДАРТОВ EN, ISO И ГОСТ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ И ИСПЫТАНИЯ ПРОДУКЦИИ ИЗ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Батырева И.М., batyreva.ira@yandex.ru, Юдин И.Ю.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Целью работы является выработка рекомендаций и предложений по разработке новых или пересмотру существующих стандартов с целью гармонизации требований к методам испытания продукции из древесных материалов.

Производство и реализация продукции глубокой переработки древесины важны для экономики Российской Федерации с ее значительными лесными ресурсами. Условием успешного вхождения на международный рынок является соответствие качества продукции международным нормам и доверие потребителей к результатам испытаний, подтверждающим качество.

Рассматривались следующие стандарты, устанавливающие требования к измерениям и испытаниям ламинированных напольных покрытий, так как именно требования к этой продукции по данным предварительного обзора не достаточно полно поддерживаются отечественными стандартами:

- 1.EN 322 Wood-based panels Determination of moisture content Древесные плиты. Определение содержания влаги
- 2.EN 425: 2002 Resilient and laminate floor coverings Castor chair test Упругие и ламинированные напольные покрытия. Испытание с применением кресла на колесиках
- 3.ISO/DIS 24334 Laminate floor coverings — Determination of locking strength for mechanically assembled panels. Ламинированные напольные покрытия. Определение прочности крепления механически соединяемых панелей
- 4.ISO/DIS 24336 Laminate floor coverings — Determination of thickness swelling after partial immersion in water Определение вспучивания по толщине после частичного погружения в воду.
- 5.ISO/DIS 24339 Laminate floor coverings — Determination of dimensional variations and stability after exposure to humid and dry climate conditions. Покрытия полов ламинированные. Определение изменения размеров после выдержки во влажных и сухих климатических условиях.
- 6.ISO 24343-1 INTERNATIONAL STANDARD Resilient and laminate floor coverings — Determination of indentation and residual indentation — Part 1: Residual indentation. МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТ ИСО 24343-1 Покрытия для полов упругие и ламинированные. Определение вмятин и остаточных вмятин. Часть 1: Остаточные вмятины
- 7.EN 438 Resistance to staining Устойчивость к окрашиванию

Анализ не выявил принципиальных различий в процессах испытаний и измерений, но имеется значительное количество различий в требованиях. Некоторые из них требуют дополнительного осмысления и исследований.

Трудность определения соответствия рассматриваемых стандартов отечественным заключалась в неполном совпадении по целям и областям применения. Сложности в работе были вызваны также проблемами, связанными с частичными несовпадениями в терминологии.

Так в стандарте EN 322 «Древесные плиты. Определение содержания влаги» определена область применения как «древесные плиты» (Wood-based panels), этот термин может быть использован для различных плитных материалов, имеющих в своей основе древесину. Отечественные стандарты распространяют свое действие соответственно

- ~ ГОСТ 16483.7-71 на массивную древесину,
- ~ ГОСТ 121523.4-77 на модифицированную древесину,
- ~ ГОСТ 9621-72 на фанеру, фанерные и столярные плиты, древесные слоистые пластики. [1, 10, 11,12]

Следовательно, области применения рассматриваемых трех национальных стандартов в различной степени пересекаются с областью применения EN 322.

Принцип, используемое оборудование, порядок проведения и обработка результатов метода определения влажности, установленные в анализируемых отечественных стандартах, одинаковы и совпадают с методом, изложенным в EN 322. Но существуют различия требований к точности взвешивания и к интервалам между повторными взвешиваниями.

В стандарте ГОСТ 32304—2013. «Ламинированные напольные покрытия на основе древесноволокнистых плит сухого способа производства. Технические условия» и других государственных стандартах не установлены методы испытаний, определенные международными стандартами EN 425: 2002 «Упругие и ламинированные напольные покрытия. Испытание с применением кресла на колесиках» и ISO/DIS 24334 «Определение прочности крепления механически соединяемых панелей».

Международный стандарт ISO/DIS 24336 и межгосударственный стандарт ГОСТ 32304—2013 устанавливают схожие методы определения разбухания по толщине ламинированного напольного покрытия после частичного погружения в воду: одинаковое оборудование для испытаний; одинаковые условия погружения и выдержки в воде; одинаковый порядок обработки результатов. Различия состоят в требованиях к подготовке и в количестве образцов для испытаний [4,8].

Методы измерений рассматриваемого стандарта ISO/DIS 24339 совпадают с методами измерений в ГОСТ 32304—2013 частично – совпадают методы измерения отклонений от плоскостности, замеры зазоров и разницы по высоте между элементами. Требования стандарта ISO/DIS 24339 к выбору образцов, проведению испытаний, обработке результатов не имеют аналогов в Российских национальных стандартах [5,8].

Значимым различием между стандартами ИСО 24343-1 и ГОСТ 11529-86 является то, что последний ограничивает свое действие только одним видом покрытия – поливинилхлоридным. Следовательно, выявленные совпадения требований к испытательному устройству, некоторым правилам испытаний и

расчетов не позволяет использовать ГОСТ 11529-86 для испытаний ламинированных напольных покрытий [9].

Требования, установленные стандартом EN 438 «Устойчивость к окрашиванию» принципиально не отличаются от метода определения стойкости к окрашиванию в ГОСТ 27627-88 или, как названо это свойство в ГОСТ, к пятнообразованию. Метод основан на воздействии на поверхность материала контактным образом химическими веществами с последующим осмотром и оценкой последствий воздействия.

В стандарте EN 438 [7] приведено большее количество окрашивающих реагентов (всего 44 шт.) из них выделено 5 обязательных. ГОСТ 27627 – 88 определяет 18 реагентов, не выделяя обязательных. Все реагенты, кроме бензина, установленные ГОСТ 27627 – 88, присутствуют в списке реагентов EN 438.

Выявленные в результате проведенного сравнительного анализа несоответствия в требованиях нормативных документов разные по характеру, значимости и структуре. Некоторые виды испытаний не представлены в отечественных стандартах, а требования к проведению не всегда выше в международных документах. Характерной особенностью отечественных стандартов является более полное, подробное описание методов проведения испытаний и измерений, что предупреждает вероятность разночтения и ошибок.

Результаты анализа сведены в отчет с полным перечнем совпадений и различий между анализируемыми международными и отечественными стандартами. Материалы этого отчета являются основой для пересмотра ГОСТов с целью выработки одинаковых подходов к испытаниям и измерениям продукции, а, следовательно, и к качеству продукции.

Коррекции нормативной документации с целью гармонизации необходимы для взаимодействия производителей и потребителей разных стран, их взаимопонимания в стремлении повышения качества продукции и уровня удовлетворенности потребителей.

ЛИТЕРАТУРА

- 1.EN 322 Wood-based panels Determination of moisture content
- 2.EN 425: 2002 Resilient and laminate floor coverings Castor chair test
- 3.ISO/DIS 24334 Laminate floor coverings — Determination of locking strength for mechanically assembled panels.
- 4.ISO/DIS 24336 Laminate floor coverings — Determination of thickness swelling after partial immersion in water.
- 5.ISO/DIS 24339 Laminate floor coverings — Determination of dimensional variations and stability after exposure to humid and dry climate conditions.
- 6.ISO 24343-1 INTERNATIONAL STANDARD Resilient and laminate floor coverings — Determination of indentation and residual indentation — Part 1: Residual indentation.
- 7.EN 438 Resistance to staining.
- 8.ГОСТ 32304—2013. Ламинированные напольные покрытия на основе древесноволокнистых плит сухого способа производства. Технические условия
- 9.ГОСТ 11529-86 Материалы поливинилхлоридные для полов. Методы контроля
- 10.ГОСТ 16483.20-72 Древесина. Метод определения водопоглощения.
- 11.ГОСТ 21523.6-77 Древесина модифицированная. Метод определения влагопоглощения.
- 12.ГОСТ 9621-72 Древесина слоистая клееная. Методы определения физических свойств.

13. Межгосударственный стандарт ГОСТ 23234-2009, Плиты древесно-стружечные. Методы определения удельного сопротивления нормальному отрыву наружного слоя.
14. ГОСТ 32304—2013. Ламинированные напольные покрытия на основе древесноволокнистых плит сухого способа производства. Технические условия.
15. Сайт Росстандарта (<http://www.gost.ru>). Каталог национальных стандартов.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОПИТКИ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ ТЕЛ

Бирман А.Р., birman1947@mail.ru; Белоногова Н.А., graph@spbftu.ru; Кривоногова А.С., krivonogova.aleksandra@lta-landscape.com; Соколова В.А., sokolova_vika@inbox.ru; Нгуен Ван Тоан, toanckct@gmail.com
Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Разработка экспериментальной установки решает актуальные вопросы, такие как создание нового устройства для пропитки капиллярно-пористых материалов, обеспечивающая как пропитку капиллярно-пористых материалов, так и экспериментальное установление коэффициента фильтрации исследуемого материала и время его пропитки при определённом давлении [3].

Экспериментальная установка относится к области пропитки капиллярно-пористых тел и может быть использовано для изготовления модифицированной древесины пропиткой, а так же для установления основных технологических параметров процесса пропитки [7, 11, 14].

Устройство для пропитки капиллярно-пористых тел (см. рис. 1) включает [1, 2, 5] вертикальную прозрачную ёмкость 1, заполненную подкрашенной пропиточной жидкостью 2, в которую на некоторую глубину погружена прозрачная полая обойма 3, имеющая в днище отверстия с уплотнениями 4, в которых размещены образцы 5, например, из древесины, и сливной кран 6. Обойма 3 соединена с атмосферой полым стержнем 7, укреплённым на подвесе 8, а вдоль образующей стержня 7 укреплена линейка 9 с разметкой по её длине.

Устройство работает следующим образом [7, 9, 12]. На сборочном участке (на фигуре не показан) образцы 5 устанавливаются в отверстия днища прозрачной обоймы 3 с уплотнениями 4. С помощью подвеса 8 загрузочным механизмом (на фигуре не показан) прозрачную обойму 3 опускают в вертикальную прозрачную ёмкость 1, заполненную подкрашенной пропиточной жидкостью 2 [2, 4, 6, 13]. При этом верхнее отверстие полого стержня 7 находится выше уровня пропиточной жидкости 2. После опускания прозрачной обоймы 3 в прозрачную ёмкость 1 пропиточная жидкость 2 за счёт гидростатического давления, величина которого определяется высотой столба жидкости, измеряется от нижнего торца образцов 5 до уровня жидкости 2 в прозрачной ёмкости 1. Обойму 3 извлекают из ёмкости 1, образцы 5 извлекают из обоймы 3. Пропиточную жидкость, попавшую в полость обоймы 3 в процессе пропитки, удаляют из обоймы 3 через сливной кран 6. После пополнения пропиточной ёмкости 1 пропиточной жидкостью 2 процесс повторяется.

Коэффициент фильтрации (К) материала образцов определяют как среднее арифметическое по формуле [4, 8, 10]:

$$K = L \cdot t / n, \text{ см/мин,}$$

где L – суммарная высота подъёма жидкости во всех образцах, см;

t – продолжительность пропитки, мин;

n – число образцов, извлечённых из обоймы.

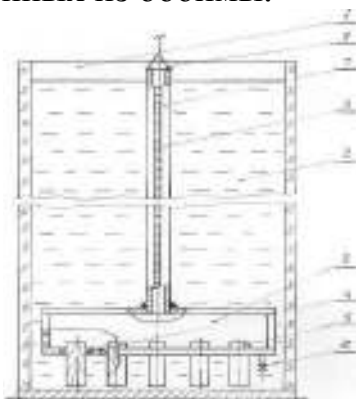


Рис. 1. Экспериментальная установка для пропитки капиллярно-пористых тел

Высота подъёма жидкости в некоторых образцах может не равняться их высоте. Суммарную высоту подъёма жидкости (L) возможно определить измерением и сложением величин подъёма подкрашенной жидкости в каждом образце. Перед таким измерением высоты подъёма подкрашенной жидкости образцы раскалывают вдоль волокон [1, 6, 8].

Продолжительность определения (K) возможно увеличивать или сокращать, опуская обойму с образцами в пропиточную ёмкость на меньшую или большую глубину, уменьшая или увеличивая величину гидростатического давления. Величина гидростатического давления пропиточной жидкости (с учётом плотности используемой жидкости) определяется по делениям, нанесённым на полем стержне, соединённым с атмосферой [2, 3, 5-7].

Устройство позволяет определять коэффициент фильтрации как для древесины, так и для других капиллярно-пористых материалов, а также использовать разнообразные пропиточные жидкости [4, 8, 9].

Таким образом, устройство позволяет пропитывать капиллярно-пористые образцы [2, 3, 8,], а также определять основные технологические параметры процесса пропитки: коэффициент фильтрации материала и продолжительность пропитки при определённом давлении со стороны пропиточной жидкости [7, 11, 12, 14], также упрощается технологическое оборудование, установление величины гидростатического давления и продолжительность пропитки осуществляются прямой фиксацией показаний устройства, снижается энергоёмкость процесса, повышается его производительность.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бирман А.Р.* Борирование древесины пропиткой с целью повышения её нейтронозащитных свойств [Текст] / Бирман А.Р., Соколова В.А., Кривоногова А.С. // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 208. – СПб: ИПО СПбГЛТУ, 2014.– С. 130-137.

2. *Бирман А.Р.* Использование методов пропитки длинномерных сортиментов сырья [Текст] / Бирман А.Р., Кривоногова А.С. // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2015 №1 – Нижневартковск: НВГУ, 2015. – С. 45-48.

3. *Бирман А.Р.* Критический анализ использования способов пропитки с целью повышения качественных характеристик древесного сырья [Текст] / Бирман А.Р.,

Локштанов Б.М., Кривоногова А.С., Тоан Нгуен Ван // Актуальные проблемы развития лесного комплекса – Вологда: ВоГУ, 2016. – С. 58-60.

4. *Бирман А.Р.* Определение коэффициента фильтрации и параметров процесса пропитки древесных углей в поле центробежных сил [Текст] / Бирман А.Р., Кривоногова А.С., Соколова В.А. // Научное обозрение. 2015 №7 – М.: «Буква», 2015. – С. 238-243.

5. *Бирман А.* Пропитка древесины гидростатическим способом [Текст] / Бирман А.Р., Соколова В.А., Кривоногова А.С. // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: Сборник науч. труд. по материал. заоч. НПК, 2014 г. №5 ч. 4 (10-4). – Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГЛТА», 2014. – С. 33-38.

6. *Бирман А.Р.* Торцовая пропитка длинномерных сортиментов [Текст] / Бирман А.Р., Соколова В.А., Кривоногова А.С. // Научное обозрение. 2014 № 7 – М.: «Буква», 2014. – С. 281-285.

7. *Кривоногова А.С.* Актуальность разработки модели установки для пропитки капиллярно-пористых тел [Текст] / Кривоногова А.С., Бирман А.Р., Нгуен Ван Тоан // Инновационные процессы в научной среде: сборник статей МНПК. 2016, Ч. 3 – Уфа: МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2016. – С. 54-56.

8. *Кривоногова А.С.* Математическая модель процесса пропитки капиллярно-пористых структур водными растворами пероксида [Текст] / Кривоногова А.С. // Научное обозрение. 2015 №7 – М.: «Буква», 2015. – С. 251-256.

9. *Кривоногова А.С.* Моделирование процесса пропитки капиллярно-пористых структур в производстве древесно-угольных сорбентов [Текст] / Кривоногова А.С., Бирман А.Р., Соколова В.А., Нгуен Ван Тоан, Белоногова Н.А. // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: материалы НТК – СПб.: СПбГЛТУ, 2016. – С. 204-205.

10. *Кривоногова А.С.* Пропитка капиллярно-пористых структур встречно-центробежным способом [Текст] / Кривоногова А.С., Бирман А.Р. // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сборник трудов по материалам международной заочной НПК, 2015. - № 2, ч.1 (13-1). Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГЛТА», 2015. – С. 236-240.

11. *Кривоногова А.С.* Разработка экспериментального технологического устройства для пропитки капиллярно-пористых тел [Текст] / Кривоногова А.С., Бирман А.Р., Нгуен Ван Тоан. // Инновационные механизмы решения проблем научного развития: сборник статей МНПК. 2016, Ч. 3 – Уфа: МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2016. – С. 63-65.

12. Пат. 166621 Российская Федерация. Устройство для пропитки капиллярно-пористых тел / Бирман А.Р., Виноградов А.Ю., Нгуен Ван Тоан, Кривоногова А.С., Соколова В.А.; заявитель и патентообладатель СПбГЛТУ, Бирман А.Р., Виноградов А.Ю., Нгуен Ван Тоан, Кривоногова А.С., Соколова В.А. – № 2016123494/13(036776); заявл. 14.06.2016; опубл. 10.12.2016.

13. *Патякин В.И., Тишин Ю.Г., Базаров С.М.* Техническая гидродинамика древесины. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 304 с.

14. *Соколова В.А.* Актуализация установки для пропитки капиллярно-пористых тел [Текст] / Соколова В.А., Кривоногова А.С., Нгуен Ван Тоан, Бирман А.Р. // Труды института ландшафтной архитектуры, строительства и обработки древесины – СПб.: СПбПУ Петра Великого, 2016. – С. 4-5.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ЛЕСОПИЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ЦЕННЫХ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД

Воякин А.С., vojakin@mgul.ac.ru, Скуратов Н.В., skuratov@mgul.ac.ru
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
Мытищинский филиал

В процессе продольного раскроя бревен твердолиственной древесины, а также изготовления ванчесов для получения строганного шпона неизбежно образуется

существенное количество технологических отходов, в первую очередь горбылей древесины ценных пород – дуба, бука, ясеня и др.

В соответствии с ГОСТ 2595-83 «Пиломатериалы лиственных пород» к пилопродукции относятся доски толщиной 19 мм и более при ширине обрезной доски от 60 мм. Если из горбыльных досок, объем которых может достигать 8-10% от объема бревна, не удастся выпилить доски толщиной не менее 19 мм, то он рассматривается как отходы и в лучшем случае поступают в котельную предприятия для получения тепловой энергии.

В то же время существует ряд производств, на которых в качестве исходного сырья используются доски толщины меньшей, чем определено стандартом. К таким видам продукции относятся паркетные доски, различные виды мебельного декора, товаров хозяйственно-бытового назначения, художественных изделий и т.д.

Получение обрезной доски из горбыля путем его продольного деления может осуществляться различными способами на круглопильных или ленточнопильных станках [1]. Делительные станки подразделяют в зависимости от ориентации горбыля при распиливании – на ребро или на пласть. В первом случае механизм подачи станка (или подающий конвейер) располагается вертикально, а его корпус монтируется на столе станка. В качестве пилы может использоваться как дисковая, так и ленточная пила. Полученная необрезная доска падает на пласть и далее по конвейеру поступает на двухпильный станок для обрезки боковых обзолных кромок, а горбыльная доска снова, если необходимо, возвращается на вход станка для повторного распиливания по толщине.

Во втором случае продольный раскрой горбылей на необрезные доски начинается с их раскроя по толщине на станках с горизонтальным расположением режущего инструмента, когда распиливаемый материал укладывается пластью вниз на конвейер подачи. Пиление может осуществляться как ленточными, так и дисковыми пилами. Толщина пилы, а, следовательно, и пропила в данном случае не имеет существенного значения, поскольку предполагается получение из горбыля только одной доски.

Последнее время появилось много круглопильных станков, в которых раскрой горбыля по толщине производится дисковыми пилами, расположенными в горизонтальной плоскости параллельно подающему конвейеру. При распиливании тонкомерного сырья чаще используется одна пила (реже – две), установленная непосредственно на валу электродвигателя, радиус которой позволяет перекрыть ширину горбыля. Раскрой более толстых горбылей может выполняться как одной, так и двумя пилами, установленными параллельно через втулки.

В некоторых моделях ребровых станков, которые принято называть двухвальными, пилы устанавливаются на двух параллельных вертикальных пильных валах по ходу подачи слева и справа от уложенного на пласть распиливаемого горбыля. Обе пилы располагаются в одной горизонтальной плоскости так, чтобы перекрывать друг друга по ширине, обеспечивая гарантированное разделение горбыля в плоскости резания. Такая схема

механизма резания позволяет применять пилы меньшего диаметра и, как правило, меньшей толщины, снижая отход древесины в опилки и, как следствие, расход электроэнергии.

Независимо от схем продольного раскроя горбыля по толщине, завершающей операцией формирования чисто обрезной доски прямоугольного сечения является параллельная обрезка обзолных кромок необрезной доски, выполняемая на круглопильных обрезных станках. Чаще всего необрезная доска с помощью механизма подачи конвейерного или вальцового типа подается в механизм резания, представляющий собой горизонтальный пильный вал, расположенный по нормали к подаче и приводимый во вращение электродвигателем через ременную передачу. На пильном валу установлены две пилы, одна из которых закреплена неподвижно, а вторая пила может перемещаться на шлицевой втулке вдоль оси вала. Настройка станка на ширину выпиливаемой обрезной доски осуществляется за счет осевого перемещения подвижной пилы.

В настоящее время на рынке представлено несколько моделей комбинированных станков, которые позволяют за один проход формировать как толщину, так и ширину выпиливаемых из горбыля обрезных досок, совмещая в себе делительный (по толщине) и кромкообрезной станки.

Для дальнейшего использования выпиленные доски (заготовки) необходимо высушить до конечной влажности 7-10 %, которая соответствует условиям эксплуатации указанных выше изделий из древесины в отапливаемых помещениях.

Для сушки в наиболее распространенных конвективных сушильных камерах пиломатериалы (заготовки) должны быть уложены в штабели, размеры которых определяются габаритами грузочного пространства конкретной камеры. Каждый ряд досок (заготовок) следует укладывать в штабель на стандартные прокладки толщиной 25 мм и шириной 40 мм, при этом расстояние между ними не должно превышать 500 мм [2]. Чем меньше толщина досок (заготовок), тем ближе друг к другу следует укладывать прокладки. Для не широких и не высоких штабелей можно использовать более тонкие и узкие прокладки. В то же время их толщина не должна быть менее 18-20 мм, поскольку при использовании чрезмерно тонких прокладок проход воздуха между рядами досок (заготовок) будет существенно затруднен. Прокладки по высоте штабеля необходимо выкладывать одну над другой строго вертикально, чтобы исключить деформацию досок (заготовок) в процессе сушки под весом досок верхних рядов. Крайние по длине штабеля прокладки укладываются по торцам досок. Для исключения коробления досок верхних рядов сверху штабеля на прокладках целесообразно уложить прижимные плиты.

Для сушки досок из древесины дуба, бука и ясеня желательно использовать мягкие режимы с невысоким температурным уровнем. Применение более жестких режимов с повышенной температурой может стать причиной ухудшения качества сушки и заметного потемнения древесины, что, очевидно, негативно отразится на ее потребительских свойствах [3].

Дополнять штабели из пиломатериалов толщиной 19 мм и более рядами тонких досок не желательно, поскольку в этом случае они будут сильно пересыхать. Однако, если тонкие доски приблизительно вдвое тоньше, чем подлежащие сушки пиломатериалы стандартной толщины, то их можно укладывать в общий штабель попарно. При такой укладке тонкие доски будут обдуваться сушильным агентом только с одной стороны, поэтому при контроле качества сушки нужно будет обращать внимание на симметричность распределение влажности, а также остаточных напряжений по толщине материала [4, 5].

По мере накопления опыта первоначально использованные режимы сушки могут быть постепенно модифицированы путем небольшого повышения температурного уровня и, возможно, снижения относительной влажности сушильного агента на отдельных ступенях процесса. [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Воякин А.С. Круглопильные станки для повышения эффективности пиления // Лесная индустрия – 2016. – №10. – с. 46-51.
2. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки древесины. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1985. – 125 с.
3. Скуратов Н.В. Снижение прочности и потемнение древесины при камерной сушке. // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2010.– № 4. – с. 125-128.
4. Скуратов Н.В., Протасова А.В. Анализ методов контроля качества сушки пиломатериалов. // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2012. – № 3. – с. 96-99.
5. Скуратов Н.В., Сапожников И.В., Алексеева И.И., Самойленко Д.А., Протасова А.В. Методы контроля качества сушки пиломатериалов. В сборнике: Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов в различных отраслях промышленности и агропромышленном комплексе сборник научных статей Первых Международных Лыковских научных чтений, посвящённых 105-летию академика А.В. Лыкова. – 2015. с. 452-454.
6. Skuratov N.V. Intelligent wood drying control: problems and decisions. // Drying Technology. – 2008. – Т. 26. – № 5. – p. 585-589.

ВЛИЯНИЕ УГЛА НАКЛОНА ОРИЕНТИРОВАННЫХ СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ В ОБШИВКЕ КРЫШИ НА ИХ ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ

Гаврилов Т. А., Колесников Г. Н.

Петрозаводский государственный университет

Современное производство ориентированных стружечных плит является одним из результатов развития технологий переработки древесины. Ориентированная стружечная плита, известная также как OSB (Oriented Strand Board), состоит из трех слоев, сформированных из ленточных частиц стружки. Во внешних слоях стружка ориентирована по длине плиты. В среднем слое стружка ориентирована поперек плиты. Частицы стружки склеены специальной связующей смолой. Тем самым эффективно используются свойства древесины как анизотропного материала [1]. При этом структурой, а значит и физико-механическими свойствами материала плит можно управлять, оптимизируя, например, толщину слоев плиты, размеры частиц стружки [1], а также используя модификаторы клеевых композиций [7].

Не останавливаясь на деталях, отметим, что плитам OSB предшествовало появление древесно-стружечных плит (ДСтП), для изготовления которых использовались частицы стружки приблизительно квадратной в плане формы с неориентированным расположением в плите, что не позволяло эффективно использовать природную анизотропию механических свойств древесины в целях повышения жесткости и прочности плит. Преимущественная ориентация частиц в плитах OSB по направлению действия главных напряжений позволяет уменьшить толщину плиты за счет повышения жесткости и прочности [1]. Плиты могут иметь толщину от 6 до 32 мм. Области использования плит: обшивка крыш [3], обшивка стен, плиты типа «сэндвич», конструкции полов, элементы двутавровых деревянных балок и т. д. В России выпуск и применение плит OSB, по информации на 2016 г., демонстрируют высокие темпы роста [5].

Вопросы производства и применения рассматриваемых плит исследованы в ряде работ, например, [1, 3-6]. Результаты исследований обобщены в стандартах EN 300, EN 310 и др. В данной работе рассматривается прикладная задача о влиянии угла наклона ориентированных стружечных плит в обшивке крыши на их деформированное состояние. Данная задача является частью общей многоплановой проблемы рационального природопользования. Актуальность данной задачи объясняется необходимостью экономически эффективного и экологически безопасного использования древесины в современном домостроении, что в условиях современной России соответствует Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 10 мая 2016 г. № 868-р). Перейдем к техническим аспектам рассматриваемой задачи.

Экспериментальными и теоретическими исследованиями [1] установлено, что материал стружечных плит с ориентированными частицами можно считать ортотропным материалом. Модули упругости в продольном и поперечном направлениях плит определяются по методике EN 310 и согласно EN 300 должны иметь значения, соответственно, не менее 3500 и 1400 МПа.

Известны аналитические и численные методы расчета рассматриваемых плит. В настоящее время при решении инженерных задач используется, как правило, метод конечных элементов (FEM) [2, 6].

Рассмотрим два примера. Исходные данные для расчета плиты OSB: размеры 1250×625×12 мм; длинные края плиты неподвижно закреплены по площадкам 1250×20 мм; материал данной плиты принят ортотропным, модули упругости 3500 МПа и 1400 МПа, коэффициент Пуассона 0,23. На плиту действует вертикальная нагрузка интенсивностью 3,0 кН/м², равномерно распределенная по поверхности плиты. В данной работе частично представлены результаты численного (FEM) моделирования деформированного состояния плиты OSB при углах наклона к горизонтальной плоскости 0° (рис. 1) и 60° (рис. 2).

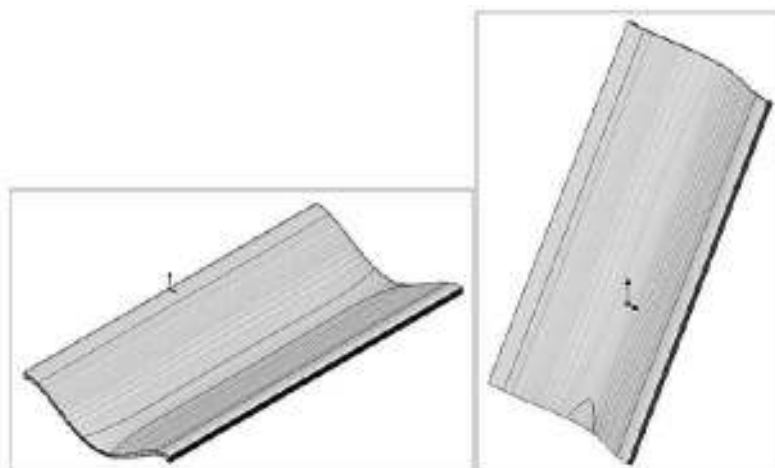


Рис. 1. Горизонтальная плита Рис. 2. Наклонная плита

Для горизонтальной плиты (рис. 1) наибольший прогиб 2,279 мм, имеет место в торцах плиты, в точках посередине ширины плиты, т. е. проявляется краевой эффект. Деформации левого и правого торцов плиты симметричны.

Для наклонной плиты (рис. 2) наибольший прогиб 1,237 мм, имеет место в нижнем торце плиты, в точке посередине ширины плиты, т. е. проявляется краевой эффект. Однако, в отличие от горизонтальной плиты, нижний торец наклонной плиты по рис. 2 деформируются в большей мере по сравнению с верхним торцом плиты.

Эти особенности деформации плиты объясняется тем, что при вертикальных внешних силах на поверхности наклонной плиты появляется касательная составляющая каждой из этих сил. Плита не является бесконечно тонкой. Поэтому касательная составляющая служит причиной появления изгибающего момента, вызывающего увеличение прогибов нижнего торца плиты и уменьшение прогибов верхнего торца плиты.

Касаясь практического значения представленных результатов, заметим следующее. Обшивка крыши выполняется из отдельных плит определенных размеров, поэтому необходимы стыковые соединения плит друг с другом. При этом нижний торец верхней плиты контактирует с верхним торцом нижней плиты (рис. 3).



Рис. 3. Неидеальный стык наклонных плит

Вертикальные перемещения точек в этих торцах различаются тем больше, чем больше угол наклона плит. Это означает, что в такой обшивке будут иметь место неровности, что может послужить причиной повреждения, например, мягкой кровли. Чтобы устранить причину появления этих неровностей, необходимо увеличить жесткость нижнего торца верхней плиты, для чего следует установить ребро жесткости. Форма и размеры ребра жесткости должны

назначаться с учетом особенностей технологии изготовления, упаковки, монтажа и условий функционирования плиты как элемента обшивки крыши.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анизотропия древесностружечных плит с ориентированными частицами и методы ее исследования / Броун В. И., Ашкенази Е. К., Клар Г. В., Тюрикова Л. И., Егерь И. В., Огарков Б. И. – В кн.: Древесина и древесные материалы. – Красноярск. – 1974. – С. 138–162.
2. Гаврилов Т. А., Колесников Г. Н., Тихонов Е. А. Повышение теплоэнергетических характеристик здания путем оптимизации защиты фундамента от промерзания // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2015. – № 3 (64). – С. 18–21.
3. Гордеева Т. Е., Безгина Л. Н. Об использовании ориентированно-стружечной плиты в составе кровли из мягкой черепицы // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 3. – С. 73–76.
4. Леонович А. А. Новые древесноплитные материалы // Санкт-Петербург. Издательство: Химиздат. – 2008. – 158 с.
5. Никольская В. Российский рынок OSB ориентирован на рост // ЛесПромИнформ. – № 2 (116). – 2016. <http://lesprominform.ru/> (дата обращения 10.03.2017).
6. Численные и аналитические методы расчета строительных конструкций: монография / А. Б. Золотов [и др.]. – Москва: МГСУ: Изд-во АСВ. – 2009. – 336 с.
7. Pitukhin A. V., Kolesnikov G. N., Panov N. G., Vasilyev S. B. Amorphous silica micro powder additive influence on bending strength of one-ply particle board // Key Engineering Materials. – 2016. – Т. 706. – С. 82–85. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.706.82.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ СОРТИРОВКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Илющенко А.В., ilyushenko-aleksandr@mail.ru, Чубинский А.Н.,
a.n.chubinsky@gmail.com

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Распознавание образов довольно широко используется в различных сферах деятельности человека. Под распознаванием с помощью фотометрии понимается формализация (установление количественных характеристик) пороков. Захват изображения может осуществляться как обыкновенными, так и производственными фотоаппаратами и видеокамерами.

Древесина как объект распознавания является сложной системой, т.к. пороки, механические повреждения, окраски создают много «шумов» (посторонних сигналов). При наложении пороков и дефектов на одном участке вероятность неточного результата серьезно повышается. Распознавание фотометрией лишь косвенно способно оценить плотность. Кроме того, пороки, представленные в виде формализованной базы данных, не всегда могут однозначно трактоваться системой распознавания.

Согласно классификации [1], все прямые и косвенные последствия наличия пороков можно свести всего к двум основным - изменению плотности и изменению цвета.

Фотометрическая дефектоскопия с учётом совершенствования программного обеспечения системы распознавания изображения [2] может полностью или частично обеспечить высокую точность сортировки пиломатериалов,

предоставляя данные с высокой точностью об их визуальных и геометрических характеристиках.

Работа «машинного зрения», описанного [3] недостаточна, ввиду невозможности непосредственной оценки физико-механических свойств. В [4] уже анализировались возможные варианты совмещения различных видов дефектоскопии, однако пригодная для поточного производства компьютерная томография требуют значительных инвестиций. В связи с этим, разумным видится введение двухступенчатой системы, по сравнению с [3], где роль второго элемента играет силовая сортировка [4]. В таком случае будут осуществляться следующие этапы:

- пересчёт количества и установление прочих характеристик пороков посредством «машинного зрения» и отсеивание очевидно непригодных для конструкционных нужд пиломатериалов;

- силовая сортировка для установления прочностных показателей на выходе.

Другой возможный вариант решения – введение весов под ленту конвейера при сортировке сухих пиломатериалов. Камеры не только захватывают изображение, но и измеряют объем пиломатериала. Далее простым делением массы на объём выясняется средняя плотность пиломатериала. Несмотря на простоту, метод, как минимум, способен отсеять пиломатериалы, плотность которых ниже требуемой нормативами.

Кроме того, весы, теоретически, могут заменить датчики движения, удешевив систему: при поступлении доски на конвейер датчики, рассчитав задержку учётом скорости подачи, подают сигнал к фотографированию. А функции датчиков размеров могут быть переданы камерам.

Одной из наиболее сложных проблем фотометрии является точность и достоверность обработки изображений.

Ранее, [3] использовал следующий алгоритм обработки изображений:

1. Сжатие и перевод исходного цветного изображения в градации серого.
2. Стандартная бинаризация полутонового изображения по порогу 0,5.
3. Удаление объектов, чьи площади меньше заданного порога.
4. Подавление световой структуры, связанное с затемнениями краёв изображения.
5. Нарращение бинарного изображения и заполнение отверстий
6. Поиск объектов в виде связных областей пикселей на бинарном изображении и подсчет количества объектов
7. Отслеживание наружных границ объектов и вывод их на RGB-изображение, полученное из преобразованной матрицы меток
8. Вывод наружных границ объектов на исходное цветное изображение

Этот алгоритм не позволяет точно сегментировать изображение и отделять чистую древесину от пороков и дефектов, поэтому начат поиск альтернативных способов улучшения изображения для получения более точных границ пороков и дефектов.

ЛИТЕРАТУРА

1.Лакатощ Б.К. Дефектоскопия древесины. Под ред. Уголева Б.Н. М.: Лесная промышленность, 1966.

2.Илющенко А.В. Анализ методов обработки изображений пиломатериалов, имеющих пороки и дефекты. // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, №218. СПб.: СПбГЛТУ, 2017.

3.Илющенко В.В. Модели принятия решений в задаче управления качеством продукции деревообрабатывающего производства: диссертация на соискание степени кандидата технических наук. СПб.: СПбГЛТУ, 2012.

4.Илющенко А.В., Чубинский А.Н. Обоснование необходимости двухступенчатой сортировки пиломатериалов. // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, №216. СПб.: СПбГЛТУ, 2016.

К ВОПРОСУ О СМАЧИВАЕМОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

Коваленко И.В., tdp@spbftu.ru, Чубинский М.А., mchubinsky@gmail.com,

Русаков Д.С., dima-ru25@mail.ru, Барышкина М.В., maska115@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Одним из основополагающих свойств жидкости является её способность смачивать поверхность твёрдого тела, оцениваемую краевым углом. Известно, что поверхностный слой жидкости обладает избыточной потенциальной энергией. Угол смачивания (краевой угол) зависит от поверхностного натяжения жидкости, природы и состояния поверхности. Жидкость, смачивающая твёрдое тело, способна им поглощаться. Поглощение и проницаемость древесины зависит как от состава и строения, клеточной ткани, свойств жидкости, так и процесса обработки [1-5].

Известно, что водный раствор питательных веществ в растущем дереве движется по взаимосвязанным капиллярам макро, микро и нано структурных элементов древесины: сосудов, сердцевинных лучей, смоляных ходов, клеток, отверстий в мембранах пор и субмикроскопических полостей в клеточных стенках. У хвойных пород древесины проводящие функции выполняют в основном трахеиды, ширина полостей которых изменяется в широком диапазоне в среднем от 15 до 50 мкм (таблица 1), различна в разных зонах ствола (ядро, заболонь), в поздней и ранней древесине годичного слоя.

Таблица 1

Размеры структурных элементов хвойных пород древесины /1,2,7-9/

Порода древесины	Годичный слой		Трахеиды, средние размеры, мм					
			Ранние			Поздние		
	Средняя ширина, мм	Содержание поздней древесины, %	Толщина стенки	Ширина		Толщина стенки	Ширина	
трахеиды				полости	трахеиды		полости	
Лиственница	2,47	30 - 47	2,7	48	42,6	8,85	28	10,3
Сосна	3,95	20 - 46	2,45	39	34,1	6,15	25,2	12,9
Ель	2,96	25 - 42	2,4	38	33,2	5,65	16,3	5,0

Основными проводящими элементами лиственных пород являются сосуды, диаметр полостей которых находится в пределах от 13 до 400 мкм.

В процессах обработки, высушенная до технологической влажности древесина [5], при нормальной температуре и атмосферном давлении утрачивает способность молярного переноса жидкости. Клей и лакокрасочные материалы

заполняют лишь перерезанные полости её структурных элементов [2]. Размер полостей и толщина стенок микроструктурных элементов существенно влияет на площадь поверхности, на которую наносят клей или защитно-декоративный материал, изменяя термодинамические характеристики поверхности древесины (рис.1).

Увеличение в K раз площади фактического контакта жидкости с древесиной вызывает пропорциональное увеличение поверхностного натяжения, что учитывается уравнением Венцеля - Дерягина:

$$\cos \varphi = K * \cos \varphi_0 .$$

Таким образом, при использовании традиционного метода определения угла смачивания измеряется не истинный, а кажущийся краевой угол.

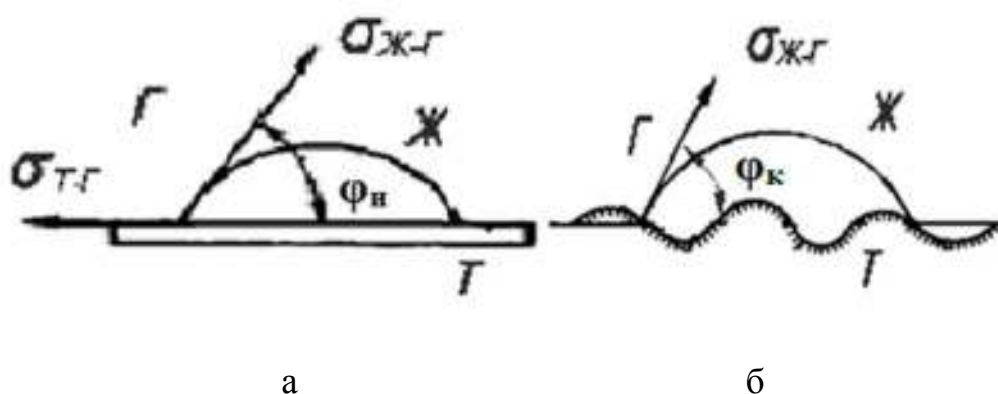


Рис. 1. Капля жидкости на ровной (а) и неровной (б) поверхности /4/:

где: Ж – жидкость, Т – твёрдое тело, Г – газ, φ – угол, характеризующий способность древесины смачиваться ($\varphi_K > \varphi_H$).

Выводы. Поверхность древесины, образованная в результате обработки резанием не является плоской вследствие капиллярно-пористого строения древесины и разрушения древесных волокон, характеризуемых степенью шероховатости. В этой связи, фактическая поверхность значительно больше её проекции на плоскости в результате разрезания микроструктурных элементов (трахеид, сосудов, волокон либриформа, сердцевинных лучей).

Неровности на поверхности искажают результаты измерения поверхностных свойств, определяемых на основе угла смачивания. Для определения истинных характеристик древесины, обоснования расхода клея, способности поверхности древесины поглощать жидкость, необходимо знать размеры её микроструктурных элементов и характер их распределения, объём поверхностных полостей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чубинский А.Н., Тамби А.А., Варанкина Г.С. и др. Физические методы испытаний древесины. СПб.: СПбГЛТУ, 2015 - 125 с.
2. Chubinsky A.N., Okuma M., Sugiama J. Observation on the deformation of wood cells in the gluing process of veneer. Bulletin of the Tokyo University Forests. 1990. Vol. 82, №2 – p. 131-135.
3. Чубинский А.Н., Кузнецова Е.Г., Коваленко И.В. Физико-химические основы процессов склеивания. СПб.: СПбГЛТУ, 2016 – 40 с.
4. Коваленко И.В., Чубинский М.А., Русаков Д.С., Варанкина Г.С. Поверхностные свойства и строение древесины осины.// Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии: Вып. 217. СПб.: СПбГЛТУ. 2016.

5. Чубинский А.Н., Варанкина Г.С. Чубинский М.А. Физика древесины. СПб.: СПбГЛТУ, 2013 – 68 с.
6. Пятакин В.И., Тишин Ю.Г., Базаров С.М. Техническая гидродинамика древесины. М.: Лесная промышленность, 1990 – 304 с.
7. Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение. М: МГУЛ, 2007 - 351с.
8. Бокщанин Ю.Р. Обработка и применение древесины лиственницы. М. : Лесная промышленность, 1982 – 216 с.
9. Чубинский А.Н., Тамби А.А., Шимкевич Ю.А., Семишкур С.О. Исследование размерных характеристик трахеид сосны Ленинградской области. // Актуальные проблемы и перспективы развития лесопромышленного комплекса. Кострома: КГТУ, 2013, С. 27-29.

ОСОБЕННОСТИ СОРТИРОВКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ПО СТАНДАРТАМ И ТЕХНИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ

Кривощёков Н.В., krivoshekov-n@yandex.ru, Рыкунин С.Н., rikunin@mgul.ac.ru
Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана

Сортировка пиломатериалов по качеству в нашей стране регламентируется в следующих стандартах:

- ГОСТ 8486-86 «Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия»;
- ГОСТ 26002-83 «Пиломатериалы хвойных пород северной сортировки, поставляемые для экспорта»;
- ГОСТ 9302-83 «Пиломатериалы хвойных пород черноморской сортировки, поставляемые для экспорта. Технические условия»;
- ГОСТ 2695-83 «Пиломатериалы лиственных пород. Технические условия».

Что касается зарубежных стандартов по сортировке пиломатериалов по качеству, здесь активно себя проявляют европейские страны, входящие в Европейский комитет по стандартизации (СЕН), скандинавские страны (Швеция, Финляндия, Норвегия) и Соединенные Штаты Америки (США).

В результате большой совместной работы ассоциации изготовителей и экспортеров хвойных пиломатериалов Швеции, Финляндии и Норвегии по анализу и обобщению сложившейся в этих странах сортировкой, появились новые скандинавские правила сортировки хвойных пиломатериалов – NORDIC TIMBER [2], которые содержат 4 основных сорта пиломатериалов: А, В, С и D, при этом высший сорт А подразделяется на 4 подсорта: А1, А2, А3 и А4.

Европейский стандарт EN 1611-1:1999 + A1:2002 [3] «Пиломатериалы - Визуальная сортировка хвойных пиломатериалов - Часть 1: Европейская ель, пихта, сосна, дугласова пихта и лиственница» устанавливает пять сортов пиломатериалов 0, 1, 2, 3, 4 и два способа сортировки пиломатериалов, отличающиеся нормированием сучков. Способ G2 предполагает сортировку по 2-ум пластям пиломатериалов (G2-0, G2-1, G2-2, G2-3, G2-4), а G4 – по пластям и кромкам (G4-0, G4-1, G4-2, G4-3, G4-4).

Согласно европейскому стандарту DIN EN:942-2007 [9] «Древесина столярная. Основные требования» существует семь классов качества столярных пиломатериалов: J2, J5, J10, J20, J30, J40, J50 или А, В, С, D, Е, F, G соответственно. Цифровое обозначение указывает на максимально допустимый

диаметр сучка в том или ином классе. В стандарте для каждого класса определено процентное содержание сучков на пласти.

Британский стандарт BS 4978:1996 [4] "Хвойные пиломатериалы визуальной сортировки по прочности", уже используемый некоторыми предприятиями России, устанавливает требования к двум сортам визуальной сортировки хвойных пиломатериалов: общий конструкционный сорт – GS и специальный конструкционный сорт – SS.

В Финляндии существует нормативная карта RT 21-10750 [10] «Пиленые и строганные (фрезерованные) пиломатериалы». В нормативной карте помимо классификации по сортам, отражены данные о классах прочности пиленых и строганных (фрезерованных) пиломатериалов древесины сосны и ели, а также об основных профилях и размерах их поперечных сечений. При этом каждый вид профиля имеет свой буквенный идентификатор.

Согласно американским правилам сортировки лиственных пород разработанных Национальной ассоциацией пиломатериалов лиственных пород (NLHA) [5] лиственные пиломатериалы сортируются на основании размера и количества вырезанных заготовок, которые могут быть получены из доски в процессе оптимизации. Правила были разработаны для определения в процентах зону чистых, бездефектных участков в доске для каждого сорта.

Американский стандарт PS 20-15 (American Softwood Lumber Standard) [6] по сортировке пиломатериалов хвойных пород устанавливает основные размеры и допуски для строганных (фрезерованных) и конструкционных пиломатериалов. Данный стандарт распространяется на пиломатериалы для внутреннего производства и потребления, и также пиломатериалов идущих на экспорт. В стандарте предусматривается следующая классификация – пиломатериалы, строганные (фрезерованные): S1E – по одной кромке, S2E – по обеим кромкам, S1S – по одной пласти, S2S – по обеим пластям, S1S1E – по одной пласти и одной кромке, S1S2E – по одной пласти и по обеим кромкам, S2S1E – по обеим пластям и одной кромке, S4S – с четырех сторон.

В Словакии, в соответствии с национальным стандартом STN 49 1531.2001 [11], качество древесины для строительных конструкций оценивается визуальным методом. Стандартом определены границы допускаемых в древесине пороков (сучки, трещины). При этом основным пороком определяющим класс качества древесины являются сучки. Согласно стандарту древесина для строительных конструкций характеризуется тремя классами качества: S0 – древесина высокой прочности, SI – древесина средней прочности, SII – древесина низкой прочности.

Японским стандартом CFLA JPS 1-05 [8] «Конструкционные пиломатериалы – Визуальная сортировка – Требования по качеству к обрезным пиломатериалам и изделиям из канадской ели, применяемых в традиционном японском строительстве» определены критерии визуальной сортировки с описанием методики измерения пороков древесины. Пиломатериалы определяются двумя сортами E120 – F330 (влажность древесины $W \leq 25\%$) и E120 (влажность

древесины $W > 25\%$). Настоящий стандарт устанавливает допустимое количество пороков в контролируемом изделии.

Стандарт COMESA/FDHS 213:2006 [7] «Конструкционная древесина – визуальная классификация по прочности – основные принципы», существующий на рынке Восточной и Южной Африки, классифицирует пиломатериалы на сорт G1 и G2 в зависимости от размеров пороков древесины.

Многообразие стандартов подтверждает, что сортировка по качеству на сорта достаточно сложный процесс. При пересмотре действующих отечественных стандартов и разработке новых желательнее усилить тенденцию к более полному соответствию норм ограничения пороков в пиломатериалах для сортов к нормам ограничения пороков в заготовках.

Пиломатериалы хвойных пород преимущественно используются в строительстве. Так, например, для производства клееного стенового бруса в качестве заготовок используются ламели в которых сросшиеся здоровые сучки, как правило, допускаются без ограничения размеров, а в ГОСТе 8486-86 [1] этот порок относится к основным сортообразующим. Ряд других пороков в ламелях для производства клееного стенового бруса допускаются с ограничениями. Из этого примера следует, что выбрать сорт или группу сортов пиломатериалов по ГОСТ 8486-86 для производства ламелей с гарантией их рационального использования проблематично.

Исходя из этого предлагается требования к пиломатериалам для производства ряда изделий в строительстве регламентировать техническими условиями. На основании полученных результатов апробации технических условий и существенных объемов производства, разрабатывать соответствующий ГОСТ на пиломатериалы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № 37.8809.2017/БЧ.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 8486-86. Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия. – Введ. 1988-01-01. – М.: Стандартинформ, 2007. – 9 с.
2. NORDIC TIMBER. Grading rules for pine and spruce sawn timber. Commercial grading based on evaluation of the four sides of sawn timber / Nordiskt Tra. – Markaryds Grafiska, Markaryd, 1997. – 81 p.
3. EN 1611-1:1999 + A1:2002E. Sawn timber. Appearance grading of softwood. Part 1: European spruces, firs, pines, Douglas fir and larches. – 1999-07-23 and Amendment A1 on 2002-02-01. – 9 p.
4. BS 4978:1996. Specification for visual strength grading of softwood. – 1996-08-15. – 20 p.
5. American Hardwood Lumber Grades [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <http://www.ahec.org/hardwoods/pdfs/IllustratedGradingGuide.pdf> (дата обращения: 20.03.2017).
6. PS 20-15. American Softwood Lumber Standard. – April 2015, 47 p.
7. COMESA/FDHS 213:2006. Structural timber. Visual strength grading. Basic principles, 34 p.
8. CFLA JPS 1-05. Structural lumber – Visual grading – Requirements for Visual E-F Grades of Canadian coastal Hem-Fir (N) lumber and products used in traditional Japanese post and beam building construction, 29 October 2005. – 30 p.
9. DIN EN 942:2007. Holz in Tischlerarbeiten – Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung. – Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 11. Januar 2007 angenommen. – Gesamtumfang, 2007. – 20 p.

10. RT 21-10750. Sahattu ja höylätty puutavara [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: http://www.vehmaanpkkpuu.fi/download/rt_kortti_sahattu_ja_hoylatty_puutavara.pdf, (дата обращения: 20.03.2017).

11. STN 49 1531.2001. Drevo na stavebné nosné konštrukcie. Časť 1: Vizuálne triedenie podľa pevnosti.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ФОРМЫ ЭЛЕМЕНТОВ НАПОЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЁЗЫ ПРИ ИХ ИЗМЕНЕНИИ ВЛАЖНОСТИ

Куликова Н.В., stelons@mail.ru

Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана

Древесина берёзы очень чувствительна к колебаниям атмосферной влажности, что во многом влияет на изменение размеров элементов изготовленных из неё. В процессе эксплуатации элементов покрытий пола, данная зависимость влияет на размер образующейся щели между ними, что может являться эстетическим и функциональным недостатком напольного покрытия в целом.

Цели исследования - установить изменения ширины лицевого слоя образцов из древесины берёзы, в зависимости от его толщины и расположения на нём годичных слоёв.

Для эксперимента были произведены трёхслойные клеёные образцы берёзы, слои которых склеены во взаимно перпендикулярных направлениях, с влажностью 5,6 %, по следующим схемам:

1.Шириной - 55 мм, длиной - 50 мм, толщиной (нижний слой - 6мм, средний слой - 8 мм, лицевой слой 8мм). 60 образцов - по 20 образцов с лицевым слоем радиальной, тангенциальной и смешанной распиловки.

2.Шириной - 55 мм, длиной - 50 мм, толщиной (нижний слой - 4мм, средний слой - 8 мм, лицевой слой 8мм). 60 образцов. Из них с лицевым слоем толщиной 4 мм- радиальной, тангенциальной и смешанной распиловки по 20 образцов соответственно.

3.Шириной - 55 мм, длиной - 50 мм, толщиной (лицевой слой – 2 мм, средний слой - 8 мм, нижний слой 8мм). 60 образцов. Из них с лицевым слоем толщиной 2 мм - радиальной, тангенциальной и смешанной распиловки по 20 образцов соответственно.

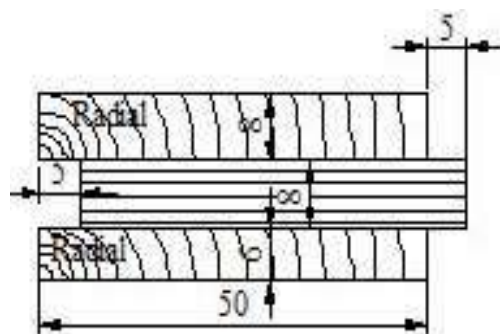


Рис.1. Схема конструкции одного из образцов



Рис.2. Отсканированный торец образца

Особое внимание было уделено поверхностному слою образцов, в связи с тем, что в конструкции паркетной доски в соответствии с ГОСТ 862-3-86 «Доски

паркетные. Технические условия», для среднего и нижнего слоя, предусмотрен при монтаже, зазор для возможного разбухания при изменении атмосферной влажности, в то время как поверхностный слой элементов должен прилегать при монтаже друг к другу вплотную. Аналогичная конструкция предусмотрена и для массивной половой доски в соответствии с ГОСТ 8242-88 и для штучного паркета (массивного) ГОСТ 862.1-85. Поэтому с точки зрения образования щелей в процессе эксплуатации пола из древесины, важное значение имеет поведение лицевого слоя.

Образцы были пронумерованы в следующем порядке: толщина и тип распиловки нижнего слоя – толщина среднего слоя – толщина и тип распиловки лицевого слоя. Все типы образцов с толщинами слоёв 4,8,8 исследовались дважды – первый раз, когда в качестве лицевого слоя принимали слой толщиной 4 мм, второй – когда в качестве лицевого слоя принимали слой толщиной 8 мм (поэтому такие образцы имеют двойную нумерацию, например 8t84r или 4r88t).

Образцы были склеены на полиуретановый клей фирмы Kleiberit ПУР-501. Это влагоотверждаемый однокомпонентный реактивный клей на основе полиуретана с высочайшей водо- и температуростойкостью, степень нагрузки D4 согласно DIN/EN 204. Клей относится к дурапластам.

После изготовления образцов, их торец был отсканирован в сканере Epson perfection 1670 и отсканированы. Фотоизображение было передано в программу AutoCad, по средствам которой были сняты все необходимые размеры (рис.2).

Затем, образцы были помещены в эксикатор на фарфоровых решётках, с использованием насыщенного раствора воды, с целью влагопоглощения до предела насыщения клеточных стенок. В течение этого срока проводился периодический контроль влажности образцов весовым способом.

После увлажнения заготовок до предела насыщения клеточных стенок, по той же методике заготовки были измерены снова. Затем заготовки были высушены при комнатных температурно-влажностных условиях до массы, которая была до их увлажнения. И снова были с них сняты замеры.

В ходе эксперимента были отмечены одинаковые тенденции поведения у всех образцов:

На первом этапе после увлажнения образцов в течении 45 дней, свесы паза *de* и *ih* на образцах увеличились по длине, а размеры шипа *cf* и *fg* уменьшились, это объяснимо тем, что наружные слои образцов увеличились по ширине за счёт разбухания, а уменьшение по длине участков *cf* и *fg*, подтверждает тот факт, что данный клеевой слой является эластичным, но тем не менее, способность сдерживать наружные слои от полного разбухания на стыке клеевого слоя и древесины присутствует. Об этом свидетельствует разность между размерами по ширине наружных слоёв на поверхности и на границе клеевого слоя. Затем после высушивания образцов до исходной влажности, размеры наружных слоёв образцов по ширине уменьшились, по сравнению с исходными (до увлажнения), соответственно, уменьшился по глубине размер паза *dehi*, а размер шипа *cfgj* – увеличился, результаты представлены на диаграммах (рис.3,4).

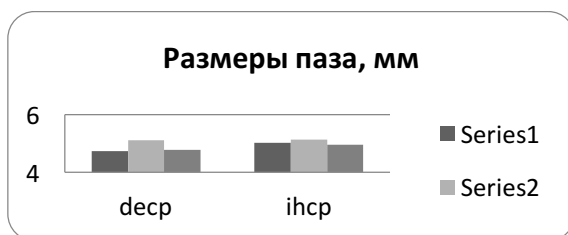


Рис. 3 Изменение размеров паза

Ряд 1 – до увлажнения, ряд 2-после увлажнения, ряд 3 – после высыхания

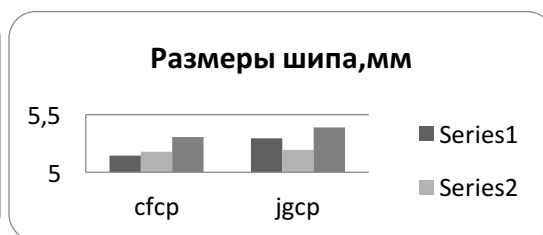


Рис. 4 Изменение размеров шипа

Увеличивается разница между шириной наружной поверхности и поверхности в месте клеевого слоя лицевых слоёв образцов с увеличением его толщины.

Таким образом, можно сделать следующие выводы при производстве паркетной доски из древесины берёзы:

1. Чем меньше толщина лицевого слоя паркетной доски, тем меньше будет разница между размерами нижней и верхней поверхностью лицевого слоя по ширине.

2. Изменение размеров верхней поверхности лицевого слоя с тангенциальным направлением годичных слоёв составляет от 1 до 1,2%, со смешанным направлением - порядка от 0,6 до 0,9%, с радиальным направлением – порядка от 0,3 до 0,4 %

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № 37.8809.2017/БЧ «Исследование строения, свойств и характеристик древесины как природного функционального материала для разработки энергосберегающих и экологических технологий продукции с заданными механическими, электрическими, химическими и тепловыми характеристиками»

ЛИТЕРАТУРА

1. Samuel Blumer, Peter Niemz, Erik Serrano, Per Johan Gustafsson. Moisture induced stresses and deformations in parquet floors an experimental and numerical study. Wood research 54 (1): 2009 89-102
2. Katri Luostarinen 2007. The effect of annual ring orientation and drying method on deformations, casehardening and colour of silver birch (*Betula pendula*) boards. Silva Fennica 41(4): 717-730
3. Pierre Blanchef, Guy Gendron, Alain Cloutier, Robert Beauregard. Numerical prediction of engineered wood flooring deformation. Wood and fiber science №3 July 2005, 484-496
4. <http://www.kleiberit.ru/>

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ДЕРЕВЯННОГО ДОМОСТРОЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЦИЛИНДРОВАННЫХ БРЕВЕН

Кушнерев В.О., maisn2007@inbox.ru, Гузюк С.П.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

В настоящее время, в отечественном и зарубежном деревообрабатывающем производстве быстрыми темпами развивается домостроение с использованием различных материалов, включая древесину. В основном это коттеджи, одноэтажные жилые дома, фермерские постройки, дачи, садовые домики и др. Для их изготовления используются: панели на основе портландцемента, песка и отходов деревообработки; кирпичи; цементно-волокнистые плиты;

древесностружечные плиты; теплоизоляционные материалы и антипирены. Применение в деревянном домостроении большого набора плитных материалов требует решения ряда экологических вопросов, связанных с безопасностью для жизни и здоровья человека. Кроме того, изготовление и сборка таких построек – дорогостоящие и трудоемкие процессы, которые трудно поддаются механизации и автоматизации.

Бревна, это традиционный строительный материал для изготовления жилых домов и других сооружений. Особенно эффективно используются бревна, как экологически чистый материал, в странах богатых лесами (Канаде, России Финляндии, Швеции, и др.). Население же многих регионов, особенно северных, желает жить в бревенчатых домах, удобных, теплых и экологически чистых, несмотря на их более высокую стоимость (5-20%). Бревна, особенно хвойных пород, традиционный природный строительный материал, который благодаря своим форме и физико-механическим свойствам позволяет автоматизировать процессы изготовления и сборки деревянных изделий в домостроении.

В ведущих, в данной области, странах (Финляндия, Швеция, Канада, Германия, США, Россия) с целью механизации и автоматизации изготовления бревенчатых домов разработано и применяется различного рода оборудование для оцилиндровки бревен, фрезерования продольного желоба, получения поперечных чаш, сверления отверстий под шконты, выпиливания компенсационных прорезей и пазов и выполнения других необходимых технологических операций для получения требуемых, формы и профиля детали. При сборке дома или другого изделия из оцилиндрованных бревен не требуются операции пригонки и доводки, что значительно снижает трудоемкость и себестоимость готового изделия, при этом существенно повышается производительность процесса. Это обуславливается использованием принципов унификации и стандартизации строительных заготовок из древесины [3].

В сравнении с другими технологическими операциями оцилиндровка бревен самая ответственная, трудоемкая и энергоемкая технологическая операция, определяющая внешний вид готового изделия и его качество. Поэтому в настоящее время в ведущих в этой области домостроения странах постоянно совершенствуются процессы оцилиндровки бревен, режимы обработки и режущие инструменты. Свидетельством этого является появление на рынке нового, более совершенного оборудования и режущего инструмента для оцилиндровки бревен, а также наличие большого количества патентов на устройство оцилиндровочных станков, их механизмов и агрегатов, а также способов оцилиндровки [2].

Все оцилиндровочные станки имеют различные конструкции, принцип обработки, режущий инструмент, технологические возможности. Вместе с тем в каждом из них наиболее слабым звеном является процесс оцилиндровки бревен из-за анизотропности древесины, разброса ее физико-механических свойств и других показателей. Поэтому дальнейшее совершенствование конструкции оцилиндровочных станков, узлов резания, режимов обработки и режущего инструмента является актуальным перспективным направлением в научных

исследованиях. Это обуславливается все возрастающим спросом на изделия бревенчатого домостроения [1].

Целью работы являлось выявление перспектив развития бревенчатого домостроения из оцилиндрованных бревен; варианты использования оцилиндрованных бревен в домостроении; недостатки существующего оборудования.

В результате проведенных нами патентно-информационных исследований были установлены основные конструктивные варианты использования оцилиндрованных бревен в домостроении.

Характерными из них являются:

1. Оцилиндрованные бревна круглого сечения с конструктивными и технологическими элементами сборки: желоба, поперечные чаши, отверстия под шконты, компенсационные прорези и пазы;

2. Оцилиндрованные бревна круглого сечения с наличием декоративных конструктивных и технологических элементов;

3. Части оцилиндрованных бревен, полученные путем продольной распиловки, включающие технологические и декоративные элементы.

Варианты 1 и 2 обычно используются в строительстве коттеджей, жилых домов, фермерских построек.

Вариант 3 применяется при производстве легких дешевых построек (садовые домики, ангары, гаражи, складские помещения) [3].

Поэтому исследование процесса оцилиндровки бревен, оптимизация его технологических параметров, обоснования рациональной геометрии режущего инструмента, надежного способа базирования при обработке бревен является актуальной научно-технической задачей для отрасли. Несмотря на большую гамму используемого оборудования, технологические операции оцилиндровки бревен несовершенны. При оцилиндровке бревен имеет место нестабильное качество обработки, т.е. шероховатость обработанной поверхности. На наружной поверхности оцилиндрованных бревен обнаруживается наличие прижогов, ворсистости, вырывов, сколов и других дефектов. Обоснование эффективного способа оцилиндровки бревен, оптимизация технологических параметров процесса оцилиндровки бревен, создание на ее основе совершенного оборудования и режущего инструмента является актуальной современной научно-технической задачей в домостроении из бревен.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каменев Б.Б., Кушнерев В.О. Повышение стойкости инструмента роторных оцилиндровочных станков на основании анализа погрешностей обработки бревен // Известия СПбГЛТА, вып. №214. СПб.: СПбГЛТУ, 2016. С.178-189.

2. Сергеевичев А.В. Сравнительная оценка оцилиндровочных станков // Известия СПбЛТА, вып. №175. СПб.: СПбГЛТА, 2006 С.88-94.

3. Чубинский А.Н., Федяев А.А. Основы архитектуры и строительных конструкций деревянного домостроения: методические указания по самостоятельному изучению дисциплины для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство». СПб.: СПбГЛТУ, 2015. 20с.

ПРОЧНОСТЬ НА СКАЛЫВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ОЛЬХИ СЕРОЙ

Леонтьев Л.Л., leontyev-lta@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Исследования физико-механических свойств древесины ольхи серой *Alnus incana* (L) Moench. проводились на образцах древесины, собранных в Ленинградской области. Отрубки стволов длиной не менее 40 см выпиливались из различных деревьев. В лабораторных условиях из каждого отрубка выпиливались заготовки сечением не менее 30×20 мм для испытаний на скалывание, 20×20 мм для измерения звуковых свойств и определения модуля упругости, для испытаний на статический изгиб, ударную вязкость и сжатие вдоль волокон, и 5×20 мм для испытаний на перерезание. После фрезерования из каждой заготовки изготавливалось по 4–12 образцов стандартных размеров. Образцы из каждой заготовки разделялись на две части. Испытания на одной части образцов проводились при влажности более 30% (при влажности, близкой к влажности растущего дерева); другая часть доводилась до влажности древесины, близкой к 12%, при которой производилось испытание, с последующим пересчетом предела прочности на влажность 12%. Испытания проводились по стандартным методикам.

Для каждого образца определялась базисная плотность древесины, с определением объема в сыром состоянии сразу после изготовления всех образцов по методу измерения выталкивающей силы.

Средняя базисная плотность по всем испытанным на скалывание образцам (967 шт.) составила $373,0 \pm 0,85$ кг/м³. Базисная плотность между отдельными образцами изменялась от 335,8 до 443,3 кг/м³ (вариация 5,7%).

Прочность древесины ольхи серой определялась при скалывании как в тангенциальной, так и в радиальной плоскости (табл. 1).

Таблица 1

Средние пределы прочности древесины ольхи серой при скалывании вдоль волокон.

Плоскость скалывания	Влажность древесины, %	Средний предел прочности при скалывании и статистические параметры					
		N, шт.	M ± m, МПа		V, %	min, МПа	max, МПа
радиальная	12	53	6,9 ± 0,11	0,80	11,6	5,3	8,9
	>30	51	4,1 ± 0,07	0,48	11,9	2,9	5,4
тангенциальная	12	89	9,1 ± 0,12	1,09	11,9	6,7	11,5
	>30	86	5,3 ± 0,05	0,49	9,3	4,1	7,0

В наших исследованиях в подавляющем большинстве случаев прочность при скалывании в тангенциальной плоскости существенно превышала прочность при скалывании в радиальной плоскости.

С увеличением базисной плотности древесины происходило некоторое увеличение прочности вне зависимости от плоскости скалывания или влажности древесины (рис. 1, 2). Однако связь прочности с плотностью была не очень тесной: коэффициенты корреляции составляли 0,33–0,38, поднимаясь до 0,63 лишь для скалывания в радиальной плоскости при стандартной влажности.



Рис. 1. Зависимость прочности при скалывании в тангенциальной плоскости от базисной плотности древесины ольхи серой.

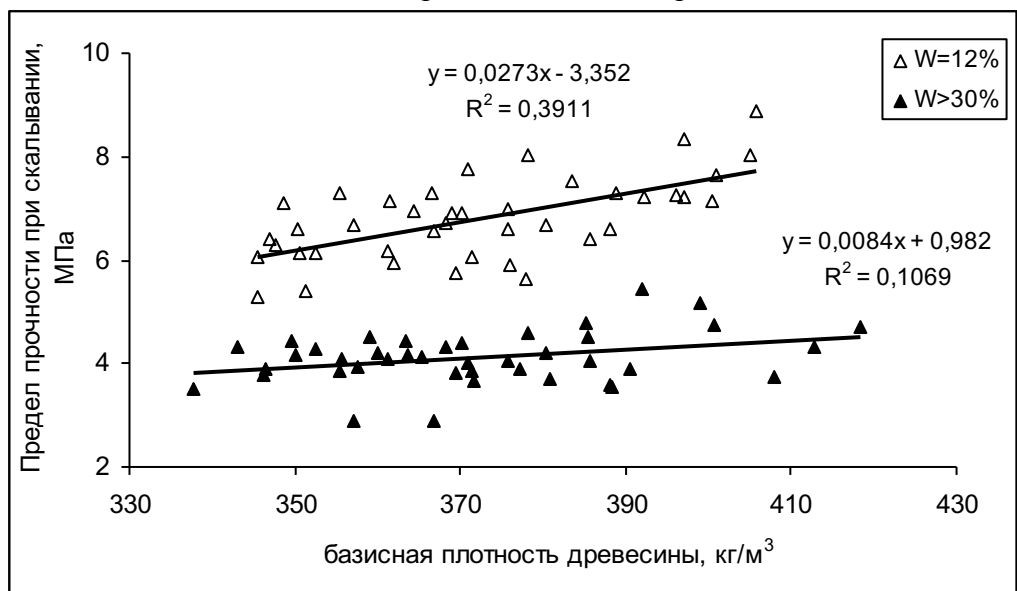


Рис. 2. Зависимость прочности при скалывании в радиальной плоскости от базисной плотности древесины ольхи серой.

Амплитуда пределов прочности при скалывании влажной древесины несколько меньше, чем древесины с нормализованной влажностью (рис. 3). После высушивания древесины до стандартной влажности происходило значительное увеличение разброса прочности. При этом средняя базисная плотность в различных вариантах была практически одинаковой и варьировала в пределах 372–373 кг/м³.

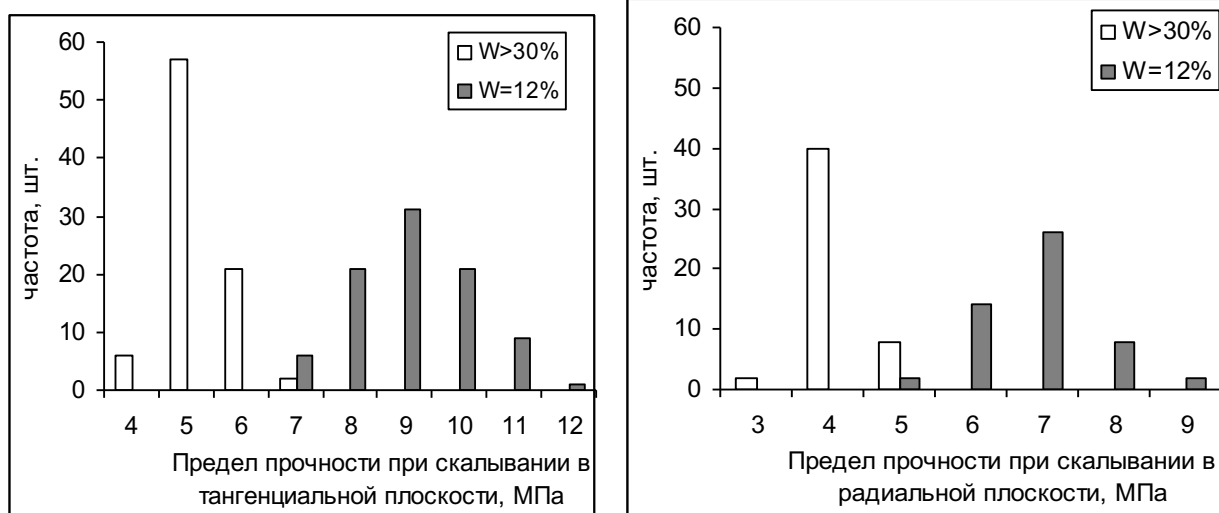


Рис. 3. Частотные графики прочности при скальвании древесины ольхи серой.

Средние по отдельным отрубкам пределы прочности на скальвание в тангенциальной и в радиальной плоскости достаточно хорошо коррелировали (рис. 4): коэффициенты корреляции составили 0,487 для древесины при нормализованной влажности и 0,839 для влажной древесины.

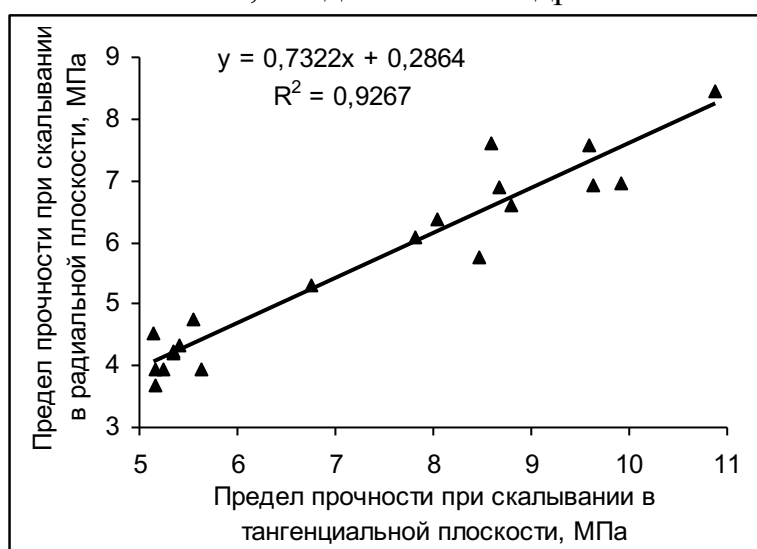


Рис. 4. Зависимость прочности древесины рябины при скальвании в радиальной и тангенциальной плоскости.

Связь средних пределов прочности при скальвании сухой и влажной древесины была менее выражена: коэффициенты корреляции составили 0,275 и 0,352 для тангенциальной и радиальной плоскости, соответственно.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ АБРАЗИВНОГО ЗЕРНА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Овчарова Е.О., evgenya.ov4arova@yandex.ru, Сергеевичев В.В., alexander910@yandex.ru, Семенов А.В., sav178@inbox.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

В деревообрабатывающей промышленности шлифование является заключительной операцией технологического процесса механической обработки изделий. Которая должна обеспечить выравнивание поверхности после

предыдущей операции и придания ей требуемой шероховатости, а также удаления слоя древесины или древесного материала для обеспечения заданного размера изделия. Поэтому вопросы достижения необходимого качества поверхности имеют практический и теоретический интерес [2].

Эффективность процесса шлифования во многом зависит от свойств абразивных зерен, так как они являются основным режущим элементом шлифовальной шкурки. В качестве абразивного материала шлифовальной шкурки для обработки древесины и древесных материалов, в основном применяются искусственные абразивные материалы: электрокорунд (окись алюминия Al_2O_3) и карбид кремния (SiC).

Одной из главных причин снижения эффективности использования шлифовальных лент, является неупорядоченность формы абразивного зерна. Произвольная форма зерен формирует неблагоприятную геометрию их режущих микроклиньев, вследствие чего, часть зерен не участвует в совокупном процессе микрорезания вообще, либо принимает минимальное участие. Дефекты, возникающие в результате неупорядоченности формы зерен, снижают физико-механические и режущие свойства абразивного инструмента. Устранив проблемы неупорядоченности формы зерна, мы получим возможности повышения эффективности процесса шлифования.

Форма зерна влияет на:

- его сцепления со связкой;
- абразивную способность;
- механическую прочность.

Повысить режущие свойства и износостойкость абразивного инструмента можно упорядочением геометрии зерен, т.е. подбором рациональной формы зерен и их целенаправленным ориентированием для конкретных условий обработки и параметров силового нагружения.

Абразивные материалы после дробления и измельчения сортируют, просеивая через сита разного размера ячеек и получают шлифовальный материал, согласно ГОСТ 3647-80, подразделяется на:

- шлифзерно с размером зерен в диапазоне от 2000 до 160 мкм;
- шлифпорошки от 125 до 40 мкм;
- микрошлифпорошки от 63 до 10 мкм;
- тонкие микрошлифпорошки от 10 до 3 мкм.

Эти диапазоны подразделяются на зерна конкретных размеров (зернистость). Классификация зернистости шлифовального материала по размерам осуществляется в мировой практике по нескольким стандартам. В России, в соответствии с ГОСТ 3647-80, зернистость шлифзерен и шлифпорошков обозначается, как 0,1 размера стороны ячейки сита в свету в микрометрах, на котором задерживаются зерна основной фракции [2]. В соответствии с ГОСТ разброс размеров зерен одной зернистости составляет от 25 до 28%.

Абразивные зерна изготавливаются из абразивного материала путем его дробления и измельчения. Характер воздействия на измельченный материал (удар, истирание, скалывание) существенно сказывается на форме частиц.

Серийной изготовленный шлифовальный инструмент включает хаотично расположенные в его связке абразивные зерна изометричной, пластинчатой и мечевидной формы конфигурации. Изометричные зерна имеют округлую симметричную форму (приблизительно равные по высоте, ширине и толщине), а зерна пластинчатые и мечевидные имеют ярко выраженную несимметричную форму. Основной формой абразивных зерен является изометричная [3].

Количественная оценка формы зерна, производится определением общепринятого параметра - «коэффициента формы» зерна. Самыми оптимальными способами его определения являются:

- рассмотрение зерна как эллипсоид вращения, под коэффициентом формы понимает соотношение его меньшей и большей осей;
- определять коэффициенты формы как отношение диаметра описанной окружности вокруг проекции зерна к диаметру вписанной окружности.

Механическая прочность частиц разных форм и режущая способность в инструментах будут значительно отличаться друг от друга.

Специфической особенностью абразивного зерна как режущего элемента, является случайный характер их геометрических параметров. Эта особенность возникает вследствие неупорядоченном, случайно пространственном положении зерен (разная форма определяет разные углы резания, а, следовательно, и характер износа) в абразивном инструменте. Поэтому для более точной информации требуется получить максимально возможные массивы данных по геометрическим параметрам режущих кромок, используя свободное шлифовальное зерно.

Оценка свойств шлифовальных зерен только по параметрам «марка абразива» и «зернистость» (ГОСТ 3647-80) не дает возможности получить конкурентный и качественный шлифовальный инструмент, так как зерна одного номера зернистости имеют различную конфигурацию, которая изменяется от изометрической до мечевидной формы. Развернутых и полных исследований по вопросу влияния формы зерна на эксплуатационные характеристики шлифовального инструмента пока не найдено.

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Глебов И.Т. Резание древесины: Учебное пособие. СПб.: «Лань», 2010. 256с.
- 2.Каменев Б.Б., Сергеевичев А.В. Дереворежущие инструменты: Учебное пособие. СПб.: СПбГЛТУ, 2013. С.265-294.
- 3.Сергеевичев А.В. Форма режущих кромок рабочей поверхности абразивного инструмента для шлифования древесины и древесных материалов // Известия СПбГЛТА. СПб.: СПбГЛТУ, 2015. №210. С. 169-182.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ СУЛЬФАТНО-ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ СКЛЕИВАНИЯ ФАНЕРЫ

Русаков Д.С., dima-ru25@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Фенолоформальдегидные смолы применяют в производстве фанеры и другой клеёной продукции, эксплуатируемой в условиях повышенной влажности. Их

модифицируют [1-5], когда необходимо ускорить процесс склеивания, повысить прочность и надежность склеивания. В связи с этим, одной из актуальных задач отрасли является поиск новых модификаторов для смол, которые позволят получать продукцию из древесины, обладающую требуемыми эксплуатационными свойствами. Эффективными модификаторами, могут быть побочные продукты сульфатно-целлюлозного производства, к ним относятся талловое масло, талловые жирные кислоты, талловая канифоль, пек, пековый клей, лигнин, скипидар и др. [6].

В качестве модификатора для фенолоформальдегидных смол был выбран пектол. Пектол представляет собой раствор пека в легком талловом масле в соотношении 2:1 и содержит смоляные и жирные кислоты (изопимаровая, олеиновая, линоленовая), которые вступают в реакцию этерификации с формальдегидом с образованием сложных эфиров. Моно- и диметилфенолы, входящие в состав продуктов конденсации фенолоформальдегидных смол, также вступают в реакцию этерификации и присоединения с кислотами по двойным связям с формальдегидом с образованием многоядерных щелочных полимеров. Омыленные жирные кислоты $C_nH_{2n+1}COONa$, входящие в состав омыленного таллового пека, характеризуются высокой поверхностной активностью и диссоциируют по схеме:



образуя агрегаты (мицеллы). Ионогенные, полярные группировки (COO^-) обращены наружу, а углеводородная часть (C_nH_{2n+1}) направлена внутрь мицеллы. Ускорение процесса отверждения фенолоформальдегидных смол возможно за счёт замещения гидроксильных групп фенолоформальдегидной смолы на катионы натрия в мицеллах неомыленного таллового пека с повышением щелочной среды клея. Мицеллы встраиваются в молекулу полимера фенолоформальдегидной смолы, образуя пространственно-разветвлённую структуру, что ведёт к образованию щелочного полимера с новым комплексом свойств обеспечивающих ускорение процесса отверждения клея и повышение прочности склеивания.

Для обоснования повышения прочности готовой продукции проведен многофакторный эксперимент склеивания соснового шпона толщиной 2,0 и 2,2 мм на модифицированной пектолом фенолоформальдегидной смоле СФЖ-3013. Обоснованию подлежали содержание пектола в смоле, продолжительность и температура прессования. Испытания проводили в соответствии с ГОСТ 20907 и ГОСТ 9624. Определению подлежали: прочность клеевого соединения при статическом изгибе и скалывании по клеевому слою.

В процессе эксперимента изменялись параметры режима прессования и содержание пектола в смоле, устанавливалась количественная взаимосвязь переменных факторов эксперимента с выходными параметрами.

Зависимость прочности готовой продукции при статическом изгибе ($\sigma_{изг}$, МПа) и прочности готовой продукции при скалывании по клеевому слою ($\sigma_{ск}$, МПа) от содержания пектола в смоле, продолжительности и температуры прессования описывается уравнениями регрессии (1,2), рис. 1,2.

Уравнение математической модели представляет собой квадратичную функцию трех переменных:

$$\sigma_{\text{изг}} = 74,78 + 1,231n + 1,478t - 0,125T - 0,1204n^2 - 0,727t^2 - 0,607nt \quad (1)$$

$$\sigma_{\text{ск}} = 1,29 - 0,016n + 0,011t - 0,003T + 0,013n^2 + 0,049t^2 + 0,018nt - 0,001nT - 0,004tT \quad (2)$$

при $5\% \leq n \leq 15\%$; $6,5 \text{ мин} \leq t \leq 8,5 \text{ мин}$; $108^\circ\text{C} \leq T \leq 122^\circ\text{C}$

где $\sigma_{\text{изг}}$ – предел прочности при статическом изгибе, МПа; $\sigma_{\text{ск}}$ – предел прочности при скалывании по клеевому слою, МПа; n – содержание пектола в смоле, %; t – продолжительность прессования, мин; T – температура прессования, $^\circ\text{C}$.

Полученные уравнения регрессии, связывающие прочность клеевого соединения с влияющими факторами, позволяют определить рациональные режимы склеивания шпона модифицированным пектолом клеем на основе смолы СФЖ - 3013.



Рис. 1. Зависимость прочности фанеры при статическом изгибе от содержания пектола в смоле и продолжительности прессования

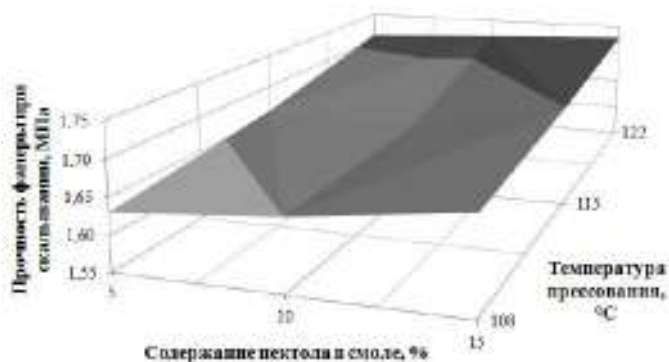


Рис. 2. Зависимость прочности фанеры при скалывании вдоль волокон от содержания пектола в смоле и температуры прессования

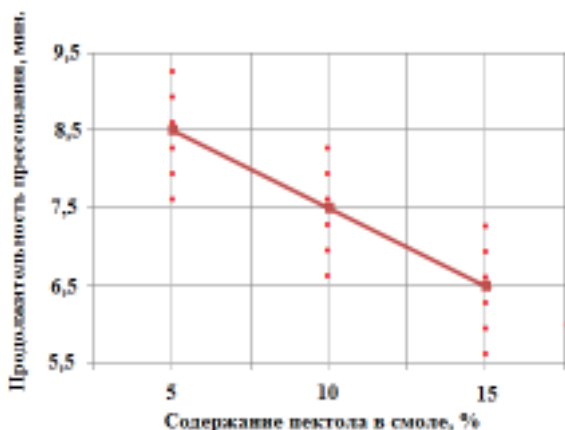


Рис. 3. Зависимость продолжительности прессования фанеры от содержания пектола в смоле

Анализируя результаты исследования (рис. 1-3) можно сделать вывод, что с введением пектола в фенолоформальдегидную смолу марки СФЖ-3013 увеличивается прочность клеевого соединения и скорость процесса отверждения клея. Мицеллы встраиваются в молекулу полимера фенолоформальдегидной смолы, образуя пространственно-разветвленную структуру, что ведет к образованию щелочного полимера с новым комплексом свойств обеспечивающих ускорение процесса отверждения клея и повышение прочности склеивания.

Эксперименты показали, что пектол, при введении в смолу 10 % от ее массы, уменьшает продолжительность процесса склеивания.

Зависимость продолжительности прессования фанеры от содержания пектола в смоле описывается уравнением регрессии (3), рис. 3.

$$\tau = -0,2 n + 9,5 \quad (3)$$

при $5\% \leq n \leq 15\%$

где τ – продолжительность прессования фанеры, мин; n – содержание пектола в смоле.

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Иванов А.М., Варанкина Г.С., Русаков Д.С., Чубинский А.Н. Модификация алюмосиликатами фенолоформальдегидных смол для склеивания фанеры. Клеи. Герметики. Технологии. №3, 2017 – с.13-17.
- 2.Варанкина Г.С., Русаков Д.С. Модификация фенолоформальдегидной смолы побочными продуктами сульфатно-целлюлозного производства. Известия Санкт-Петербургского лесотехнического университета: Вып. 204. СПб.: СПбГЛТУ, 2013.- с. 130-137.
- 3.Варанкина Г.С., Русаков Д.С., Козик П.С. Исследование процессов склеивания шпона фенолоформальдегидной смолой с использованием промежуточных продуктов сульфатно-целлюлозного производства. Системы. Методы. Технологии. № 2 (30). Братск: БрГУ, 2016, - с. 120-127.
- 4.Чубинский А.Н., Варанкина Г.С., Брутян К.Г. Совершенствование технологии склеивания фанеры. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, №179. СПб.: СПбГЛТА, 2007- с. 167-175
- 5.Чубинский А.Н., Варанкина Г.С. Формирование низкотоксичных древесностружечных плит с использованием модифицированных клеев. Лесной журнал, № 6/336, 2013 - с. 67-73.
- 6.Богомолв Б.Д., Соколова А.А. Переработка сульфатного и сульфитного щелоков. - М., 1989. 360 с.

ИЗНОС ШЛИФОВАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РАБОТЫ ЕДИНИЧНОГО АБРАЗИВНОГО ЗЕРНА

Семенов А.В., sav178@inbox.ru, Сергеевичев А.В., 910sav@gmail.com, Овчарова Е.О., evgenya.ov4arova@yandex.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Назначение процесса шлифования подразумевает под собой подготовку обработанной ранее другим видом механической обработки поверхности к отделке, путем уменьшения или удаления неровностей и дефектов обработки. Эффективность процесса шлифования, прежде всего, зависит от назначенных режимов обработки, характеристик и свойств режущего инструмента.

Шлифование – это заключительный процесс обработки заготовок из древесины или древесных материалов резанием, с помощью режущего инструмента (шлифовальной шкурки), состоящего из большого количества абразивных зерен, перемещаемых с большими скоростями, при этом находящимися под действием нормальных и касательных сил [3].

При шлифовании материал удаляется с обрабатываемой поверхности в зоне контакта заготовки с инструментом, которая представляет собой область

взаимного проникновения абразивных зерен инструмента в материал заготовки и гребешков материала в промежутки между вершинами абразивных зерен.

Для выражения основных зависимостей динамической модели через технологические факторы в параметрическом виде необходимо более детальное исследование взаимодействия инструмента и заготовки.

Основными источниками шероховатости при шлифовании являются: следы режущих кромок в обрабатываемом материале; пластические, упругие температурные деформации, хрупкое разрушение материала поверхностного слоя; перенос на обрабатываемую поверхность частичек материала, оставшихся на режущих кромках инструмента.

При шлифовании фактор геометрического копирования часто является преобладающим. Шероховатость образуется при отображении поверхностей резания в материале заготовки, при воздействии только геометрического фактора, она может быть представлена как совокупность следов единичных абразивных зерен, которые проходят через рассматриваемое сечение. Каждая единичная риска в этом случае будет копировать форму вершины единичного зерна в сечении поверхности резания плоскостью, перпендикулярной траектории движения. В связи с тем, что абразивные зерна имеют разнообразную форму, микрорельеф шлифованной поверхности, обусловленный геометрическим фактором, является нерегулярным.

Закономерности износа абразивного инструмента непосредственно связаны с работой единичных абразивных зерен. В основе механизма износа лежат явления адгезии, диффузии, абразивного разрушения, пластического течения тончайших поверхностных слоев, размягченных под действием высоких контактных температур и давлений, химического воздействия на абразив окружающей среды и обрабатываемого материала. Под действием механических и температурных напряжений происходит растрескивание, скалывание режущих кромок, выкрашивание из связки отдельных абразивных зерен и целых комплексов.

Механизм износа единичных абразивных зерен и явления, возникающее при контакте зерна с материалом, рассматривается в работах Т.Н. Лоладзе, Е.Н. Маслова и других исследователей. Механизм износа абразивного инструмента в целом до настоящего времени не имеет столь четкого логического представления. Для его описания весьма перспективным является использование динамических теоретико-вероятностных моделей процесса шлифования.

При работе инструмента не все зерна изнашиваются одинаково, что связано с изотропностью их физических свойств и различием в величине относительного износа. Износ абразивных зерен непрерывно увеличивается, затупившиеся вершины перестают резать, что приводит к снижению объема снимаемого материала и производительности процесса. Интенсификация режима с целью сохранения производительности вызывает резкое ухудшение качества обработанных поверхностей.

При прохождении абразивным зерном зоны контакта заготовки с инструментом, силы резания изменяются синхронно с изменением глубины микрорезания. Они увеличиваются при движении абразивного зерна от точки его входа в зону контакта к основной плоскости, достигают максимума в области

отрицательных значений и затем уменьшаются. С увеличением числа контактов зерна с материалом, силы резания увеличиваются за счет увеличения глубины микрорезания и площадок износа.

Глубина микрорезания единичным зерном, входящая в уравнение сил резания, отличается от геометрической величины, которая является случайной, так как абразивное зерно взаимодействует со случайным профилем микронеровностей. Задача по определению всех возможных вариантов нагружения абразивного зерна сводится к определению статических характеристик при условии, что его вершина попала на один из выступов шероховатости поверхности. Наибольший интерес при анализе процесса разрушения абразивного зерна представляют наиболее неблагоприятные условия его нагружения, когда оно попадает на один из выступов шероховатости поверхности. При расчете вероятности выпадения и разрушения абразивного зерна, необходимо исходить из условия его нагружения силой, по величине близкой или равной максимально возможной. До разрушения абразивное зерно может проходить зону контакта от 800 до 3500 раз, и встреча зерна с одной из наибольших величин микропрофиля достаточно вероятна [2].

Вероятность вырывания абразивного зерна в инструменте и его разрушения с увеличением глубины резания значительно возрастает. В этом случае, почти все абразивные зерна достигают максимальной глубины резания. На вершинах абразивных зерен появляются значительные площадки износа.

Физические основы разрушения абразивного зерна при шлифовании рассмотрены и изучены во многих работах [1, 4, 5]. Рассмотрены вопросы распространения упругих волн, выполнен анализ величины напряжений, возникающих в зерне и мостиках связки. Показано, что абразивное зерно работает в условиях высоких циклических нагрузок. Поверхностные слои зерна нагреваются в зоне контакта и охлаждаются при выходе из нее, появляются значительные термические напряжения. Все это приводит к снижению прочности зерна и прочности закрепления в инструменте.

На основании проведенного анализа можно установить взаимосвязь износа абразивного инструмента с износом и закономерностями работы единичных абразивных зерен, что является неотъемлемой частью возможности совершенствования конструкций инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Братан С.М. Идентификация параметров съема при комбинированном шлифовании // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. Мат-лы междунар. сборника научн. трудов. Донецк: ДонГТУ, 2000. С.24-32.
2. Новоселов Ю. К. Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке. Севастополь: СевНТУ, 2012. 304с.
3. Сергеевичев А.В. Основные характеристики процесса шлифования древесины и древесных материалов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 206. СПб.: СПбГЛТУ, 2014. С.124-138.
4. Сергеевичев А.В., Артеменков А.М. Аналитическое обоснование износостойкости шлифовальных лент с целью повышения их работоспособности // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. № 214. СПб.: СПбГЛТУ, 2016, С.190-203.
5. Рыбин Б. М., Санаев В. Г., Кириллов Д. В. К вопросу выбора параметров шероховатости для оценки неровностей древесины // Лестной вестник. М.: МГУЛ, 2014. №4. С.131-137.

АНАЛИЗ ФОРМЫ РЕЖУЩИХ КРОМОК ШЛИФОВАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

Сергеевичев А.В., 910sav@gmail.com

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Резание древесины абразивным инструментом – шлифовальной шкуркой, носит массовый характер агрессии связанный с дисперсной структурой шлифовальных шкурок.

Отличием шлифования от других видов механической обработки древесины резанием (строгание, фрезерование, сверление и т.д.) является отсутствие у абразивных инструментов постоянных, определенных геометрических параметров режущей части шлифовальной шкурки.

Резание древесины и древесных материалов при шлифовании осуществляется абразивными зернами. По форме абразивные зерна могут быть изометричные, пластинчатые и мечевидные. Изометричные зерна имеют округлую симметричную форму (приблизительно равные размеры по высоте, ширине и толщине), а зерна пластинчатые и мечевидные имеют ярко выраженную несимметричную форму. Основной формой абразивных зерен является изометричная.

Средний радиус закругления режущих кромок лезвий абразивных зерен $\rho = 3...30$ мкм и зависит, соответственно, от размера зерен. Это обстоятельство, в частности, указывает на то, что уменьшения шероховатости поверхности при шлифовании мелкозернистыми шкурками достигается не только за счет уменьшения толщины срезаемых слоев, но и за счет более высокой остроты режущих кромок мелких зерен [3].

Число абразивных зерен одновременно взаимодействующих с обрабатываемой поверхностью зависит от размера зерен (зернистости), степени их затупления, площади контакта с обрабатываемым изделием и характеристик режима шлифования. Этими же параметрами, в основном, определяется величина шероховатости обработанной поверхности, производительность процесса и стойкость шлифовальной шкурки.

Абразивные зерна изготавливаются из абразивного материала путем его дробления и измельчения. Абразивные материалы должны обладать высокой твердостью, прочностью и должны быть достаточно хрупкими. Абразивные материалы подразделяются на природные и искусственные (синтетические). К природным относятся кварц, наждак, кремень, корунд и др. Основным недостатком природных абразивных материалов является наличие примесей, существенно снижающие их режущие свойства.

Описание базового участка рабочей поверхности абразивного инструмента предусматривает определение геометрических размеров, числа и распределения формообразующих элементов. Форма элементов зависит от их природы и вида. Для процессов обработки лезвийным инструментом она задается в виде неслучайных параметров. Для процессов второй группы элементы не имеют регулярной геометрии, их форма может быть смоделирована случайными функциями.

Другим возможным вариантом моделирования элемента рабочей поверхности инструмента является описание только той его части, которая непосредственно определяет процесс формообразования. При анализе операций обработки заготовок абразивными инструментами предполагают, что вершина зерна, выступающая над уровнем связки, может иметь форму конуса, конуса с закругленной вершиной, конуса с усеченной вершиной, шара [2].

Анализ существующих моделей режущих элементов абразивных зерен, [4] показывает, что модель в виде параболы является по сравнению с другими более предпочтительной и с высокой степенью точности соответствует экспериментальным геометрическим параметрам абразивных зерен.

Радиус кривизны на участках выбросов может значительно отличаться от значения радиуса средней окружности. Аналитическое определение радиуса кривизны приводит к изучению главных кривизн профиля в точках локальных максимумов, превышающих некоторый уровень. Для гауссовой однородной и изотропной случайной поверхности они вычисляются в работе. На практике часто бывает значительно проще непосредственно изучить геометрические параметры вершин формообразующих элементов. По данным многих исследователей [1], радиус при вершине зерна зависит от материала абразивного зерна, способа изготовления, зернистости инструмента. Использование второго подхода при моделировании элементов рабочей поверхности инструмента в ряде случаев является более предпочтительным, так как по геометрии вершин накоплено больше практических данных, чем по геометрии зерен в целом.

Текущий радиус округления зависит от его исходного значения, условий контакта абразивного зерна с обрабатываемым материалом, режима резания и времени работы инструмента. С увеличением времени работы инструмента закономерно увеличивается текущий радиус округления, на вершине зерна появляется радиусная площадка износа, наблюдается затупление абразивного зерна.

Экспериментальная проверка закономерностей износа вершин формообразующих элементов выполнена при микрорезании образцов зернами из карбида кремния зеленого. Исходную поверхность образцов подготавливали обтачиванием с продольной подачей 0,31 мм/об остро заточенным резцом с углом при вершине 75° . Величина слоя шероховатости исходной поверхности составляла 0,2 мм. Опыты проводили при частоте вращения детали 20,83 Гц, продольной подаче 0,21 мм/об, глубине микрорезания 0,16 мм. Профиль единичных зерен зарисовывали на инструментальном микроскопе при 50-ти кратном увеличении. Типичная картина изменения профиля вершин зерен карбида кремния зеленого после одного, двух, ... пяти проходов представлена на рис. 1 кривыми 2, 3, 4, 5 и 6 соответственно. В табл. 1 приведено сопоставление расчетных и экспериментальных значений радиуса округления вершины зерна по проходам для зерен из твердого сплава.

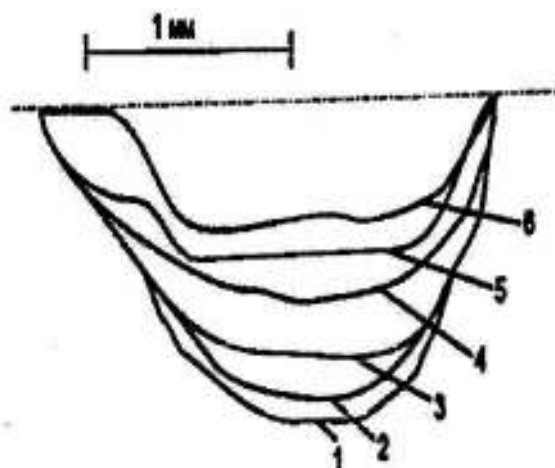


Рис. 1. Изменение контура абразивного зерна: контур вершины зерна из карбида кремния зеленого после одного, двух ... пяти проходов (кривые 2, 3, ... 6 соответственно)

Таблица 1

Изменение радиуса закругления вершин зерен

№ прохода	Радиус закругления при вершине зерна, мм					
	1-го зерна		2-го зерна		3-го зерна	
	Экспериментальный	Расчетный	Экспериментальный	Расчетный	Экспериментальный	Расчетный
0	1,2	1,20	0,6	0,60	1,0	1,0
1	1,4	1,70	-	-	-	-
2	1,8	1,94	1,1	1,15	1,8	1,9
3	2,2	2,34	-	-	-	-
4	2,8	2,77	2,4	2,15	2,4	3,1

Отмечается закономерное увеличение радиуса вершины за счет износа. За один проход он возрастает в 1,2...1,5 раза. Аналогичное изменение профиля вершин зерен наблюдается и в абразивном инструменте. Притупление зерна закономерно увеличивается вплоть до его разрушения или вырывания из связки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кощеев В.Н. Об остроте текущих углов абразивных зерен // Станки и инструменты. – М.: Машгиз, 1964. №3. С.27-28.
2. Новоселов Ю.К. Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке. Севастополь: СевНТУ, 2012. 304 с.
3. Сергеевичев А.В. Основные характеристики процесса шлифования древесины и древесных материалов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 206. СПб.: СПбГЛТУ, 2014. С.124-138.
4. Суханов В.Г., Кищенко В.В. Резание древесины и дереворежущий инструмент. Учебное пособие. М.: МГУЛ, 2002. 168с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КОМБИНИРОВАННОЙ ФАНЕРЫ

Сергеевичев В.В., 910sav@gmail.com, Михайлова А.Е., mikhailovaae@ya.ru,
Гузюк С.П.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

В последнее время возрастает интерес к разработке условий оптимального использования сырья в связи с увеличением дефицита древесины. Учитывая возможные области применения комбинированной фанеры, можно расположить ее эксплуатационные свойства по уровню значимости:

1. Механические прочность и жесткость, определяющие надежность и долговечность изделий и конструктивных элементов из комбинированной фанеры;
2. Износостойкость поверхностных слоев комбинированной фанеры, определяющая ее эксплуатационный ресурс в полах и ограждениях [1];
3. Теплозащитные и ограждающие свойства, используемые в стенах, покрытиях, защитных устройствах;
4. Декоративные и гигиенические свойства, характеризующие возможность применения материала в интерьерах и мебели.

Компромиссное сочетание данных характеристик позволяет наметить возможные условия оптимизации строения комбинированной фанеры, т.к. основной критерий оптимизации определяется, в конечном итоге, из экономических соображений.

Решение данной задачи в общем виде представляет определенные трудности.

При решении задачи оптимизации эксплуатационных свойств комбинированной фанеры параллельно встает задача оптимизации опытного определения свойств комбинированной фанеры и в первую очередь – механических характеристик. Здесь критерий оптимизации сводится к объективности и устойчивости количественных значений соответствующих характеристик.

1. Оптимизация строения комбинированной фанеры для получения хороших механических свойств, может быть основана на методе испытания, обеспечивающем объективность и достоверность количественных характеристик исследуемых свойств. Величины механических свойств одних и тех же образцов комбинированной фанеры существенно зависят от метода испытаний [1].

Во всех стандартных методах испытания на изгиб загрузка осуществляется одной или двумя сосредоточенными силами, т.е. создается деформация поперечного изгиба, и в сечениях образцов возникают нормальные и касательные напряжения.

Величина касательных напряжений зависит от соотношения высоты и длины образца и в коротких образцах может быть значительной. Так при реальных соотношениях касательные напряжения достигают до 5% нормальных [3]. Учитывая, что наибольшие касательные напряжения в комбинированной фанере действуют в относительно слабых прослойках заполнителя, то они могут существенно снижать прочность образца. Прочность на скалывание

древесноволокнистых и древесностружечных плит во много раз (в 20÷30 раз) ниже осевой прочности шпона в окаймляющих листах шпона. Поэтому касательные напряжения в прослойках комбинированной фанеры при поперечном изгибе является причиной ее разрушения. Исходя из этого, испытания на изгиб при действии нагрузок, вызывающих поперечные силы, всегда дают искаженные результаты. На эти искажения также оказывают влияние различия в строении испытываемых образцов, которые очень сильно проявляются в комбинированной фанере. Из-за этого экспериментальные характеристики прочности и жесткости комбинированной фанеры разного строения становятся несопоставимыми. Отмеченное явление усугубляется невозможностью переноса результатов испытания коротких образцов на любые конструкционные элементы. Это проявляется и в элементах из обычной древесины и фанеры, но в них сильное искажение испытаний от касательных напряжений проявляется при малых относительных прогибах. Поэтому стандартные испытания на изгиб дают приемлемые результаты. В комбинированной фанере в связи с малой прочностью заполнителя на скалывание касательные напряжения сильно проявляются при значительных пролетах. Выход может быть найден только при переходе к испытаниям при чистых деформациях. При испытаниях на скалывание осуществляется практически чистая деформация сдвига.

Важным этапом оптимизации строения комбинированной фанеры является подбор свойств заполнителя.

Один из возможных путей подбора рациональных или оптимальных строений комбинированной фанеры сводится к обеспечению заданных соотношений жесткостей или прочностей в ортогональных направлениях комбинированной фанеры [3]. Такой подбор сравнительно легко осуществляется, но он естественно ограничен и полученные при этом сечения могут не соответствовать условиям экономической и технологической оптимизации. Оставляя в стороне технологические критерии, связанные с условиями набора слоев, их склеивания и режимами изготовления, остановимся на критериях эксплуатационных и экономических.

Оптимизация по механическим характеристикам возможна только на основе объективных, воспроизводимых и устойчивых критериев. Необходимо избегать одновременного воздействия различных напряжений, нормальных и касательных, из-за их различного влияния на прочность и жесткость образцов. К однородным напряженным состояниям можно отнести чистый изгиб и с некоторым приближением скалывание [4].

Испытание на чистый изгиб позволяет определить параметры неоднородности любого составного материала, а также разработать рекомендации по обеспечению необходимых условий совместной работы характеристик отдельных слоев комбинированной фанеры, т.е. выйти на оптимизацию технологических режимов [2].

Важнейшим этапом улучшения строения комбинированной фанеры является подбор плотности заполнителя. Такой подбор имеет ярко выраженный экономический аспект и является необходимым условием оптимизации материала.

Оптимизация строения комбинированной фанеры по характеристикам прочности и жесткости может подчиняться различным условиям. К таким условиям можно отнести, например, обеспечение заданного соотношения прочности или жесткости в фиксированных направлениях материала. Существенное влияние при этом оказывают технологические режимы изготовления материала.

В целом выравнивание и оптимизация механических свойств и строения для комбинированной фанеры является более сложной задачей, чем для обычной фанеры и для древеснослоистых пластиков. А конкурентоспособность комбинированной фанеры по сравнению с древесными материалами не вызывает сомнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варанкина Г.С., Чубинский А.Н. Формирование низкотоксичных клееных древесных материалов. СПб.: Химиздат, 2014. 148с.
2. Сергеевичев А.В. Основные характеристики процесса шлифования древесины и древесных материалов // Известия СПбГЛТА. вып. №208. СПб.: СПбГЛТУ, 2014. С.138-152.
3. Сергеевичев В.В., Мартынов Б.Г. Температурные деформации и напряжения в армированных клееных деревянных конструкциях // Известия СПбГЛТА. вып. №199. СПб.: СПбГЛТУ, 2012. С.176-182.
4. Сергеевичев В.В., Михайлова А.Е. Анализ взаимодействия валков с древесиной в прессах непрерывного действия // Известия СПбГЛТА. вып. №214. СПб.: СПбГЛТУ, 2016. С.203-217.

ВОПРОСЫ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ МЕТОДОМ ГЛУБОКОГО УПЛОТНЕНИЯ

Сергеевичев В.В., Кривоногова А.С., krivonogova.aleksandra@lta-landscape.com; Бирман А.Р., birman1947@mail.ru; Соколова В.А., sokolova_vika@inbox.ru
Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова

В данной работе рассматривается возможность применения метода глубокого уплотнения древесины мягких лиственных пород с целью определения возможности полноценной замены ценных пород древесины и других дефицитных и дорогостоящих материалов уплотнённой древесины [1, 2, 6, 7]. Анализ проведенных исследований и систематизация известных и получение новых экспериментальных данных по изменению физико-механических свойств уплотнённой древесины выявили закономерностей изменения физико-механических характеристик древесины уплотнением при наложение ультразвуковых колебаний на древесину оказали пластифицирующее воздействие [3, 5, 9, 10]. Причём это воздействие тем значительнее, чем более увлажнена древесина [4, 8, 11, 12]. Проведенный анализ и сравнение ранее полученных данных показали [1, 7, 9], что применение направленных вибраций специально подобранной частоты и амплитуды улучшает качество уплотняемой древесины, способствует интенсификации технологического процесса [1, 8]. Также были проанализированы формы функциональных зависимостей для физико-механических характеристик уплотнённой древесины от её плотности [2, 5, 10, 12]. Рассматривались значения коэффициентов качества (прочности, твёрдости и износа) и их применение при максимально возможном уплотнении [1, 2, 8].

В настоящее время и в условиях импортозамещения перед лесопромышленным комплексом остро стоит задача расширения объемов переработки древесины мягких лиственных пород. Одним из направлений её решения является модификация такой древесины путём уплотнения в условиях лесопромышленных складов [1, 2, 8,]. При этом степень уплотнения исходной древесины должна быть достаточной [2-5, 11, 12] для замещения модифицированной древесиной мягких лиственных пород древесины твёрдых лиственных пород, запасы которой в Российской Федерации крайне ограничены.

Проведённые исследования были направлены на систематизацию известных и получение новых экспериментальных данных по изменению физико-механических свойств уплотнённой, в том числе и контурным способом, древесины мягких лиственных пород [1, 6-8]. Так как древесина мягких лиственных пород является относительно дешёвым, способным к самовосстановлению материалом, который при модифицировании может приобретать новые свойства и служить сырьём для производства высококачественного сырья [2, 4, 5, 8]. Улучшение физико-механических характеристик натуральной древесины модифицированием направлено на расширение областей ее применения [1, 2, 8]. Для достижения данной цели, в настоящее время актуально применение и разработка новых способов ее уплотнения с применением современных технологий и оборудования [8-10].

Целью этих исследований было, во-первых, установление деформативных свойств древесины мягких лиственных пород, необходимых для разработки режимов уплотнения и определения их параметров, во-вторых, выяснение возможности полноценной замены ценных пород дерева и других дефицитных и дорогостоящих материалов уплотнённой древесины, и, в третьих, выявление закономерностей изменения физико-механических характеристик древесины при её уплотнении с тем, чтобы получить возможность прогнозировать эти свойства [1, 2, 6, 7].

Наиболее трудо- и энергоёмкими процессами при прессовании древесины являются процессы её пластификации, при этом оптимальная влажность прессуемой древесины обычно ограничивается 10-15%, что трудно осуществить в условиях лесозаготовительных предприятий [8].

Для обеспечения прессования заготовок из свежесрубленной древесины без её предварительной пластификации разработан способ уплотнения древесины в пьезо-акустическом поле высокой интенсивности, которое обеспечивает интенсивный процесс уплотнения за счёт совместного действия акустических колебаний и механического давления. Это приводит к её пластификации, что является чрезвычайно важным при осуществлении уплотнения древесины.

На основании ранее проведённых исследований [1-4, 6-9] установлено, что при уплотнении свежесрубленной древесины влага в древесине выполняет роль мицеллярной смазки, оказывая влияние на снижение коэффициента внутреннего трения древесины.

В проведенных исследованиях было определено [2, 3, 10-12], при каких эксплуатационных нагрузках или условиях работы уплотнённая древесина

даст наибольший эффект. Это позволит в дальнейшем выделить оптимальные области ее использования [2, 8].

Совершенствование процессов модификации древесины требует их углублённого математического обоснования с целью оптимизации параметров технологических процессов и выработки рекомендации для производства [1, 8, 10].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бирман А.Р.* Модификация древесины мягких лиственных пород методом глубокого уплотнения [Текст] / Бирман А.Р., Кривоногова А.С., Соколова В.А., Нгуен Ван Тоан // Научное обозрение. 2015 №17 – М.: «Буква», 2015. – С. 90-94.
2. *Бирман А.Р.* Топливные брикеты новой конфигурации [Текст] / Бирман А.Р., Белоногова Н.А., Соколова В.А., Кривоногова А.С., Нгуен Ван Тоан // Системы. Методы. Технологии. 2017 № 1 (33) – Братск: БрГУ, 2017. – С. 97-101.
3. *Кривоногова А.С.* Актуальность разработки модели установки для пропитки капиллярно-пористых тел [Текст] / Кривоногова А.С., Бирман А.Р., Нгуен Ван Тоан // Инновационные процессы в научной среде: сборник статей МНПК. 2016, Ч. 3 – Уфа: МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2016. – С. 54-56.
4. *Кривоногова А.С.* Анализ использования способов пропитки в технологии производства древесного угля [Текст] / Кривоногова А.С., Бирман А.Р. // Современный научный вестник. 2013 Т. 9 № 2 – Белгород: «Руснаучкнига», 2013. – С. 21-28.
5. *Кривоногова А.С.* Использование эффективности метода гидростатического давления пропиточной жидкости при повышении качественных характеристик лесоматериалов [Текст] / Кривоногова А.С., Бирман А.Р. // Современный научный вестник. 2013 Т. 9 № 1 – Белгород: «Руснаучкнига», 2013. – С. 3-10.
6. *Кривоногова А.С.* Методика статистического анализа закономерностей изменения физико-механических характеристик уплотнённой древесины [Текст] / Кривоногова А.С. // Научное обозрение. 2015 №7 – М.: «Буква», 2015. – С. 244-250.
7. *Кривоногова А.С.* Статистические показатели эксплуатационных характеристик модифицированной древесины [Текст] / Кривоногова А.С., Нгуен Ван Тоан, Соколова В.А., Бирман А.Р. // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сборник трудов по материалам международной заочной НПК. 2015. – № 2, ч.2 (13-2). Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГЛТА», 2015. – С. 239-243.
8. *Кривоногова А.С.* Совершенствование технологии подготовки древесины мягких лиственных пород для производства угля высокого качества [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.21.01) / Кривоногова Александра Станиславовна; СПбГЛТУ. – СПб., 2015. – 20 с.
9. *Кривоногова А.С.* Теоретическое обоснование взаимосвязи процесса глубокого уплотнения древесины и эксплуатационных характеристик [Текст] / Бирман А.Р., Кривоногова А.С. // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2015 №3 – Нижневартовск: НВГУ. 2015. – С. 54-61.
10. *Кривоногова А.С.* Технология глубокого уплотнения древесины мягких лиственных пород [Текст] / Кривоногова А.С. // В мире науки и инноваций: сборник статей Международной научно-практической конференции. 2016, Ч. 4 – Пермь: НИЦ АЭТЕРНА, 2016. – С. 104-106.
11. *Кривоногова А.С.* Технологические процессы способов пропитки в производстве древесного угля [Текст] / Кривоногова А.С., Бирман А.Р., Нгуен Ван Тоан. // Интеллектуальный и научный потенциал XXI века: сборник статей Международной научно-практической конференции. 2016, Ч. 6 – Уфа: НИЦ АЭТЕРНА, 2016. – С. 89-92.
12. *Соколова В.А.* Актуализация установки для пропитки капиллярно-пористых тел [Текст] / Соколова В.А., Кривоногова А.С., Нгуен Ван Тоан, Бирман А.Р. // Труды института ландшафтной архитектуры, строительства и обработки древесины – СПб.: СПбПУ Петра Великого, 2016. – С. 4-5.

ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ДРЕВЕСИНЫ МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОЙ НАНОТОМОГРАФИИ

Тамби А.А., a_tambi@mail.ru, Кульков А.М., aguacrystals@yandex.ru, Юркова О.В., olesya_yurkova@tiswood.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Исследования процессов роста деревьев, распределения физических свойств и механических характеристик в объеме сортиментов, а также изучение взаимодействия древесины с влагой, клеями и защитно-декоративными покрытиями требуют применение современных методов оценки ее состояния, позволяющих производить измерения с высокой точностью, не нарушая ее структуры /2, 3/.

Наиболее информативным методом оценки внутреннего состояния древесины является метод компьютерной нанотомографии (КТ).

При реализации указанного способа регистрируется изменение плотности рентгеновского излучения, часть которого поглощается или рассеивается при прохождении через структурные элементы исследуемых объектов. Выходным параметром является отображение на мониторе градиентных переходов между смежными зонами разной плотности, что позволяет определить их структуру, форму и местоположение в объеме сортимента без его разрушения.

Используя метод КТ необходимо учитывать, что параметры съемки зависят от размеров исследуемого образца и подбираются индивидуально.

При исследовании образцов относительно больших размеров, не требующих высокой точности оценки свойств древесины на микро- и наноуровне, поправочный коэффициент для каждого прибора может быть определен путем проведения сравнительной оценки фиксируемой интенсивности поглощения сигнала и реальной плотности исследуемого образца, определяемой путем измерения его объема и массы. При оценке средней плотности древесины, местоположения и вида ее пороков, размеров ядра и заболони, наличия трещин, толщины клеевого соединения и т.д. - оценка свойств древесины и размерный анализ могут быть выполнены на основании регистрации градиентного перехода между смежными зонами разной структуры.

Одними из наиболее актуальных задач современного древесиноведения являются исследования изменений в структуре клеточных стенок в процессе роста деревьев в разных условиях /1/, а также процессы массопереноса внутри клеточных стенок при их взаимодействии с влагой, жидкими связующими и лакокрасочными материалами.

Для возможности проведения томографического исследования с разрешением менее 1 мкм, необходимо использование образцов, поперечное сечение которых не превышает 1 мм, что связано с техническими ограничениями существующего оборудования.

Исследование древесины на наноуровне не может быть осуществлено путем проведения только качественной оценки с использованием градиентного перехода отображения внутренней структуры. Такой подход является в достаточной мере субъективным, поскольку не позволяет достоверно установить

уровень «сигнал/шум» и может вносить искажения в оценку линейных размеров, рис. 1.

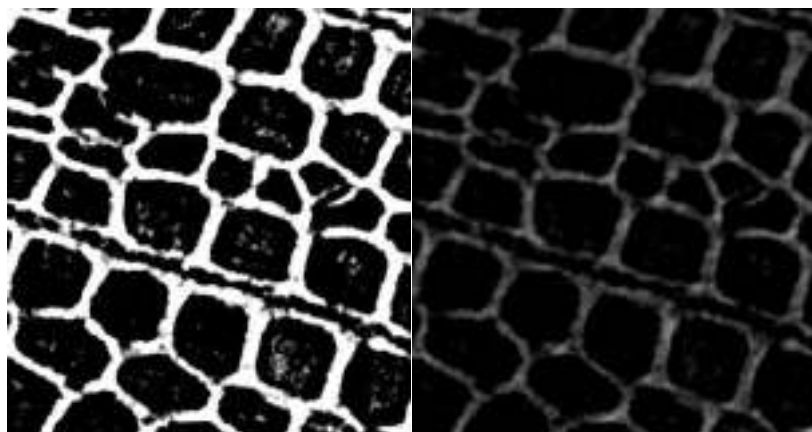


Рис. 1. Компьютерные томограммы древесины ели, полученные в ресурсном центре «Геомодель» с помощью нанотомографа Bruker Sky Scan 2011 разрешением 630 нм при субъективном подборе уровня градиента

Для точной оценки размеров, местоположения и плотности структурных элементов древесины на наноуровне необходимо использование количественной шкалы рентгеновской плотности Хаунсфилда (HU), позволяющей осуществлять объективные исследования структуры древесины с точностью, соответствующей разрешающей способности томографа.

Величина HU, для любого материала X с линейным коэффициентом ослабления вычисляется путем соотношения с ослаблением рентгеновского излучения при прохождении через дистиллированную воду и воздух (1).

$$\frac{\mu_x - \mu_{\text{water}}}{\mu_{\text{water}} - \mu_{\text{air}}} \times 1000 \quad (1)$$

где μ_{water} и μ_{air} - линейные коэффициент ослабления для воды и воздуха при стандартных условиях.

Однако, вследствие высокой вариативности свойств древесины, ее капиллярно-пористого строения, а также необходимости введения поправок на технические характеристики каждого конкретного томографа, данные, полученные для древесины по формуле (1) могут иметь систематические ошибки.

Показатели плотности объекта в области съемки распределяются между 256 оттенками серого, где 0-му оттенку соответствует воздух, 256 - наиболее плотная область. Кроме того, при измерении каждой точки в объеме объекта образуется «тень», размеры которой зависят от величины значения плотности этой точки. Чем выше плотность, тем больше влияние «тени». Вследствие этой особенности появляются артефакты съемки – «кольцевые артефакты» и «забивание» фона. Влияние этих артефактов снижается изменением параметров реконструкции, дополнительно снижая точность определения плотности минимум на 5-7%.

Для точной оценки плотности объекта требуется введение «эталоны» с плотностью на 5-10% выше максимальной плотности исследуемого образца. В этом случае обеспечивается возможность использования градиентной таблицы, где каждый оттенок серого соответствует определенной плотности.

В качестве такого эталона на рис. 2 приведено использование мочевино-меламино-формальдегидного клея, нанесенного на одну из поверхностей исследуемого сортимента, зная параметры которого, могут быть определены сравнительные характеристики распределения массы в полостях и стенках трахеид древесины.

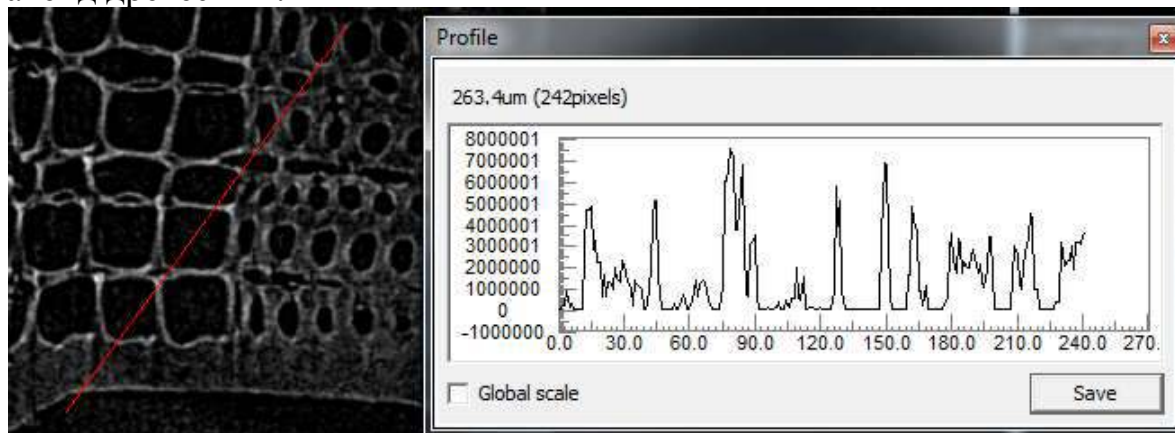


Рис. 2. Диаграмма рентгеновской плотности древесины (HU)

Использование количественной шкалы рентгеновской плотности Хаунсфилда при оценке структуры древесины на наноуровне позволяет повысить точность исследований.

Является необходимым проведение дальнейших исследований, направленных на обоснование и выбор конкретного вида общепринятого условного материала, что позволит обобщать исследования структуры древесины, клеевых соединений и лакокрасочных покрытий, выполняемых на наноуровне в различных лабораториях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов Д.А., Скупченко В.Б. Изменения в строении древесины сосны и ели на анатомическом уровне в древостоях, пройденных рубками ухода и комплексным уходом. Архангельск ИВУЗ «Лесной журнал», №5. 2014 г., с. 70 – 88.
2. Чубинский А.Н., Тамби А.А., Теппов А.В., Ананьева Н.И., Семишкур С.О., Бахшиева М.А. Физические неразрушающие методы испытания и оценка структуры древесных материалов. //Дефектоскопия. Екатеринбург. Изд-во Наука, №11, 2014 г., С. 76-84.
3. Чубинский А.Н., Тамби А.А., Федяев А.А., Федяева Н.Ю., Кульков А.М.. Направления использования физических методов контроля структуры и свойств древесины. //Системы. Методы. Технологии. г. Братск.: БрГУ, 2015 г. № 2 (26) с. 152-158.

К ВОПРОСУ О НАПРЯЖЕНИЯХ В КЛЕЕВОМ СЛОЕ КЛЕЕНЫХ БРУСЬЕВ.

Федяев А.А., art_fedyaev@mail.ru, Чубинский А. Н., a.n.chubinsky@gmail.com, Шумякова Н., natashashumyukova@mail.ru, Политов А.С.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Одной из наиболее сложных задач при расчёте конструкций из древесины является учёт внутренних напряжений в клеевом слое, возникающих как при изготовлении клееного бруса, так и при его эксплуатации. Напряжения в клеевом слое (рис.1) возникают как от внешних нагрузок на конструкцию, так и от

деформаций клеевого слоя при отверждении, деформаций усушки (разбухания) древесины при изменении температурно-влажностных условий окружающей среды, неравномерном распределении влажности по объёму ламелей, из которых изготовлена конструкция.

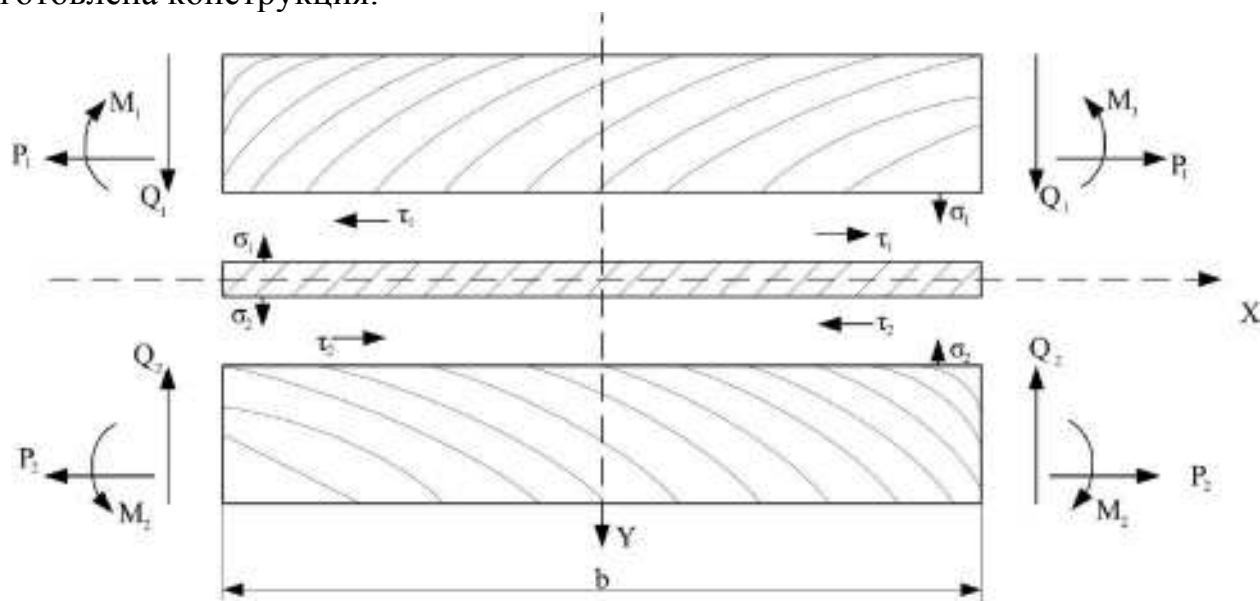


Рис.1. Усилия и напряжения, действующие на клеевой слой:
 Q, P, M – усилия и изгибающие моменты от усушки древесины;
 σ, τ – нормальные и касательные напряжения в клеевом слое;
 b – ширина ламели.

Перемещение клеевого слоя вдоль оси X соответствует разности в усушке по ширине смежных ламелей, а деформации вдоль оси Y зависит не только от усушки ламелей по толщине, но и расположения годичных слоёв на поперечном разрезе балки, влияющих на коробление ламели при высыхании.

С учётом допущений [1] и результатов определения внутренних напряжений [2] (максимальные напряжения равны $0,8$ МПа) напряжения в клеевом слое составят $20,2$ МПа, что сравнимо с когезионной прочностью клея. Эти напряжения могут быть причиной микро разрушений в клеевом слое.

Повышение прочности клеевых соединений, определение и учёт внутренних напряжений, обоснование минимального размера срачиваемых на зубчатый шип ламелей и размеров зубчатых шипов, взаимное расположение зубчатых соединений в смежных ламелях является предметом исследований, проводимых в Санкт-Петербургском лесотехническом университете [1-9]. Анализ литературных источников и априорной информации позволил систематизировать факторы, оказывающие влияние на прочность клеевых соединений древесины в процессе эксплуатации, показаны на рис. 2.



Рис.2. Факторы, влияющие на прочность клеевых соединений древесины в процессе эксплуатации

Выполненные расчёты показали, что усилия от внутренних напряжений в клеевом слое от усушки древесины и усадки клееного слоя могут привести к его микро разрушению, что требует иного подхода к обоснованию прочности клееных брусков с использованием теории трещин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чубинский А.Н., Сосна Л.М., Гусев А.И. Расчет напряжений в клеевом слое при сушке пиломатериалов склеенных по длине на зубчатый шип. Лесной журнал, №3. Архангельск, 1984 - с.71-74.

2. Чубинский А.Н., Медов В.С., Славик Ю.Ю. К вопросу оценки долговечности клееных деревянных конструкций. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, №203. СПб.: СПбГЛТУ, 2013, с. 128-134.

3. Каратаев С.Г. и др. Способ соединения заготовок из древесины по длине. А.с. №1130469. Опубликовано 23.12.1984, бюл. №47.

4. Каратаев С.Г. и др. Способ соединения заготовок из древесины по длине впритык с помощью синтетического связующего. А.с. №1212789. Опубликовано 23.02.1986, бюл. №7.

5. Гусев А.И. Клеевое соединение заготовок из древесины с помощью зубчатых шипов. А.с. №1212790. Опубликовано 23.02.1986, бюл. №7.

6. Чубинский А.Н., Медов В.С. Обоснование методики испытаний клеевых соединений на прочность при скалывании. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, №210. СПб.: СПбГЛТУ, 2015, с.180-189.

7. Чубинский А.Н. и др. Систематизация факторов, влияющих на разрушение клеевых соединений. Современные проблемы переработки древесины. СПб.: СПб.ГЛТУ, 2014, с. 13-16.

8. Чубинский А.Н., Федяев А.А., Тамби А.А. Влияние плотности древесины на качество формирования клеевых соединений. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 195, СПб.: СПбГЛТА, 2011 – с. 141 – 147.

9. Федяев А.А., Федяева Н.Ю., Шумякова Н., Кушнерев В.О. Повышение эффективности клееных деревянных конструкций. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 217, СПб.: СПбГЛТУ, 2016 – с. 219 – 228.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РЕГИОНА ЭКСПЛУАТАЦИИ

Федяева Н.Ю., n_tankovskaya@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Известно, что энергоэффективность зданий и сооружений во многом зависит от ряда факторов, к которым относят геоклиматические, морфометрические и другие [1-4]. Энергоэффективность зависит и от свойств материалов для изготовления элементов ограждающих конструкций. Оценка фактических тепловых потерь через эти элементы для выполнения соответствующих расчётов может повысить не только энергоэффективность зданий и сооружений, но и снизить затраты на энергоносители, используемые в системах отопления. Существующие расчётные методы оценки энергоэффективности различных видов конструкций можно использовать для определения усреднённых тепловых свойств различных материалов. Оценка тепловых потерь по стандартным методикам не учитывает особенности изготовления различных конструкций, их монтажа и условий эксплуатации. Кроме того, высока вероятность ошибки в оценке энергоэффективности конструкций, выполненной по стандартным методикам, при использовании обобщённой справочной информации, не учитывающей реальные тепловые показатели древесины и материалов на ее основе.

Исследованию подлежали светопрозрачные ограждающие конструкции из древесины сосны с толщиной элементов створок 72 мм. Был проведен анализ трансмиссионных потерь тепловой энергии через эти элементы при температуре наружного воздуха в диапазоне от -25 до $+5$ °С, с шагом 5 °С. В рамках проведенных исследований, для исключения влияния фактора переменных погодных условий в течение суток, термофотографирование проводили при условии установления соответствующей температуры окружающего воздуха на протяжении пяти календарных дней. Съёмка производилась при отсутствии осадков, солнечной радиации и света на элементы ограждающих конструкций для повышения достоверности результатов экспериментов. Перед проведением исследований элементы ограждающих конструкций фотографировали. Термофотографирование проводили при следующих условиях одинаковых условиях: относительная влажность воздуха -- $60 \pm 5\%$, скорость движения воздуха -- $1 \pm 0,5$ м/с; температура ($23 \pm 0,5$ °С) и влажность ($55 \pm 5\%$) воздуха внутри помещений [5-7]. Погодные условия в период проведения инструментальной диагностики удовлетворяли требованиям использованной

«Методики проведения теплотехнического обследования ограждающих конструкций здания». Термофотографирование проводилось последовательно по намеченным участкам с покадровой записью термограмм в памяти тепловизора Testo 875-2i. При перемещении оператора вдоль объектов в целях корректности последующих расчетов линейное расстояние до ограждающей конструкции преимущественно не изменялось. Все полученные термограммы обрабатывались в палитре 256 цветов, позволяющей наглядно представить распределение температуры на поверхности объекта. Полученные снимки обработаны с использованием специализированного программного обеспечения Testo.

На рис. 1 представлены результаты исследования влияния температуры наружного воздуха на трансмиссионные потери тепловой энергии на 1 м^2 створок светопрозрачных ограждающих конструкций, толщиной 72 мм.

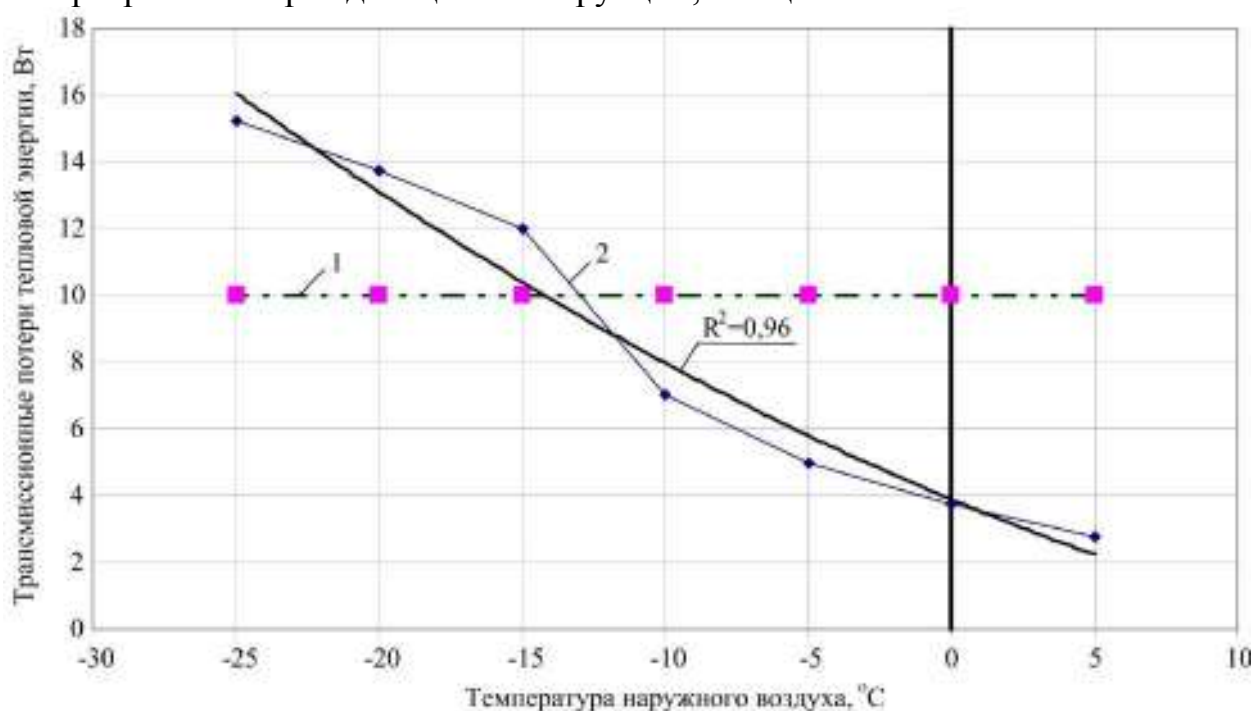


Рис. 1. Влияние температуры наружного воздуха на трансмиссионные потери тепловой энергии элементов створок светопрозрачных ограждающих конструкций на 1 м^2 при их толщине 72 мм: 1 – максимально допустимые трансмиссионные потери тепловой энергии при соответствующей толщине створок; 2 – фактические трансмиссионные потери тепловой энергии.

Зависимость трансмиссионных потерь тепловой энергии от температуры наружного воздуха при толщине створки деревянных оконных блоков 72 мм может быть описана уравнением (1):

$$Q_{72}^{\Phi} = 0,0052 \cdot t_{н.в.}^2 - 0,356 \cdot t_{н.в.} + 3,8929, \quad (1)$$

где Q_{72}^{Φ} – трансмиссионные потери тепловой энергии элементов створок светопрозрачных ограждающих конструкций на 1 м^2 при их толщине 72 мм, Вт;

$t_{н.в.}$ – температура наружного воздуха, °C, $-25 \leq t_{н.в.} \leq 5$.

При толщине створки 72 мм превышение фактических трансмиссионных потерь тепловой энергии над максимально допустимыми наблюдаются при температуре наружного воздуха $-12,7 \text{ °C}$. Таким образом, створки толщиной 72 мм целесообразно использовать в тех регионах, где температура наружного воздуха не опускается ниже $-12,7 \text{ °C}$. Промерзания оконного блока в рамках исследованных температур не выявлено. Превышение фактических

трансмиссионных потерь тепловой энергии над максимально допустимыми при температуре наружного воздуха $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ составляет 1,52 раза, а температура внутренней ограждающей конструкции снижается на $6,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, что на $2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ больше нормируемого температурного перепада Δt .

Обоснование рациональных размерно-качественных характеристик ограждающих конструкций, на основе тепловизионной диагностики конструкций, представляется актуальным.

Результаты экспериментов доказывают необходимость проведения исследований, направленных на определение размерно-качественных характеристик древесных элементов оконных блоков для различных геоклиматических условий эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федяев А.А., Чубинский А.Н., Федяев А.А., Федяева Н.Ю. Анализ энергоэффективности элементов светопрозрачных ограждающих конструкций // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 212, СПб.: СПбГЛТУ, 2015 – с. 198 – 210.

2. Федяев А.А., Чубинский А.Н., Федяев А.А., Федяев П.А., Танковская Н.Ю. Обоснование необходимости проведения тепловизионного обследования конструкций и сооружений из древесины. Современные проблемы переработки древесины: материалы международной научно-практической конференции. – СПб.: СПбГЛТУ, 2014, с. 23 – 26.

3. Fedyaeva N.Y. Heat loss through the wooden elements of windows. Innovation School Sprungbrett, international conference. Switzerland, Biel, 2015 - p. 125 – 131.

4. Федяева Н.Ю. Анализ тепловых потерь деревянных домов заводского изготовления через чердачные помещения. Леса России: политика, промышленность, наука, образование/материалы научно-технической конференции. Том 2 / Под ред. В.М. Гедьо.–СПб.: СПбГЛТУ, 2016–с. 156 – 158.

5. Федяев П.А., Федяев А.А., Федяева Е.С. Инструментальное определение тепловых потерь теплотехнологическими установками. Труды Братского государственного университета: Сер.: Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири: в 2 т. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2010. – Т. 2. – С. 53-58.

6. Федяев П.А., Федяев А.А., Федяева Е.С. Инструментальное определение тепловых потерь теплотехнологическими установками. Труды Братского государственного университета: Сер.: Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири: в 2 т. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2010. – Т. 2. – С. 53-58.

7. Садович М.А., Коплик В.С., Федяев П.А. Исследование температурных полей монолитных конструкций с помощью тепловизора. Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири: материалы X (XXXII) Всероссийской научно-технической конференции. – Братск: Изд-во БрГУ, 2011. – С. 98-100.

БАКТЕРИАЛЬНЫЙ ФАКТОР В ДИАГНОСТИКЕ ПОРОКОВ ДРЕВЕСИНЫ

Черпаков В.В. v-cherpakoff@mail.ru

Академия маркетинга – ИМСИТ (г. Краснодар)

В теории и практике древесиноведения, важнейшим показателем качества древесины, её коммерческой стоимости, пригодности к использованию в производстве изделий и в строительстве является наличие пороков древесины растущего и круглого леса. Знание особенностей распространения пороков в деревьях важно также для рациональной разделки хлыстов на круглые

лесоматериалы и в производстве пиломатериалов. Номенклатура пороков и оценка степени их влияния на древесину периодически переоценивается, пересматривается в соответствии с научными представлениями об этиологии и роли пороков, совершенствованием технологий их идентификации, расширением базы научных знаний [1].

Лесопатологический анализ этиологии пороков, упоминаемых в литературе и действующем стандарте (ГОСТ 2140 – 81), показывает отсутствие значительного пласта новых знаний о патологиях древесины, связанных с воздействием бактериозов развивающихся в растущем лесе, при передержке хлыстов на лесосеке, хранении её на верхних и нижних складах.

Бактериозы растущего леса являются причиной следующих пороков, отмеченных в классификации и терминологии действующего стандарта: трещина (морозная), нарост, сухобокость, рак (открытый и закрытый), засмолок, ложное ядро, пятнистость (торцевая), водослой, химические окраски (тёмные), побурение (торцевое, боковое), гниль (заболонная, твёрдая, мягкая, ядровая). Все они детерминированы к фитобактериозам, связаны с фитопатогенными бактериями, вызывающими патологические процессы в древесных растениях. Часть патологий, развивающихся в живой и срубленной древесине, ассоциирована с сапрофитными бактериями, которые, участвуют в уже сформированных пороках и формируют новые, например химические окраски и гнили древесины. В таблице представлены пороки древесины, вызываемые фитопатогенными бактериями и бактериальными ассоциациями. Поражаемые породы – ведущие лесообразователи России, наиболее ценные в хозяйственном отношении (упомянуты некоторые).

Многие пороки древесины – результат сложных патологических процессов обусловленных взаимодействием организмов – деревьев, грибов, насекомых, бактерий и среды. Биохимические свойства бактерий взаимодействуют с биохимией живой и срубленной древесины. Например, патоген бактериальной водянки *Erwinia multivora* (*Pectobacterium carotovorum*), синтезируя ферменты пектиназы, протопектиназы, пектатлиазы приводит к разжижению срединной пластинки, разрушению межклеточных перегородок, а выработка целлюлаз и полигалактуроназ, разрушает в процессе мацерации также и клеточные стенки древесной ткани. Это приводит к возникновению слизетечений, водослою, обводнению спелой и ядровой древесины, вызывая водянку ствола. Бактериальная водянка формирует в стволе т.н. «ложное ядро», сбраживание бактерией углеводов приводит к газообразованию, повышенному давлению внутри ствола, его продольным разрывам и образованию трещин в т. ч. «морозобойных». В стволах развивается бактериальная гниль с распадом

волокон, «размочаливанием» древесины, последующим развитием деструктивных грибных гнилей. Патогенез связан со стволовыми насекомыми – векторами патогена, сопровождается сосудистыми микозами и дереворазрушающими процессами, вызываемыми трутовыми грибами, формирующими, стволовые, комлевые и корневые гнили. Химические окраски, «сердцевинные повторения», сухобочины, раковые раны и язвы, вздутия древесины, смолотёки, также результат действия бактериозов. Это отражено в

многочисленных исследованиях с проведением искусственных заражений подтверждающих симптоматику пороков [4, 5, 6].

Анализ литературы показывает – бактериальный фактор, не исследуется в древесиноведении и не учитывается в диагностике пороков древесины [2, 3]. Действующий Межгосударственный стандарт ГОСТ 2140 – 81 «Видимые пороки древесины. Классификация, термины и определения, способы измерения» (введен постановлением Госстандарта СССР от 30.06. 1981 г. № 3239) отражает представления о пороках древесины на уровне знаний конца 70-х гг. прошлого века. В древесиноведении отсутствует множество новых терминов, определений и понятий, например, бактериальная гниль, «размочаливание» древесины, бактериальная водянка и др. Представляется актуальным пересмотр и уточнение ряда положений стандарта в целях дальнейшего его совершенствования. Необходима разработка новой стратегии диагностики пороков древесины включающей бактериальный фактор, с учётом современных представлений о развитии патологических процессов в древостоях и частной патологии древесных пород.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вакин А. Т., Полубояринов О. И., Соловьёв В. А. Пороки древесины. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Лесная промышленность, 1980. 112с.
2. Селиверстов А.А. Литературный обзор Исследования по качеству древесины. Петрозаводский ГУ, 2008. 50с. www.lesinfo.fi
3. Станко, Я. Н., Горбачева Г. А. Древесные породы и основные пороки древесины. Иллюстрированное справочное пособие для работников таможенной Службы. Всемирный фонд дикой природы (WWF). М. 2010. 155 с.
4. Черпаков В.В. Патология бука восточного в условиях заповедных и эксплуатируемых экосистем Западного Кавказа // Итоги изучения природных экосистем Кавказского биосферного заповедника. Труды КГБЗ, Выпуск 15. Сочи:1994. С.140 –158.
5. Черпаков В.В. Бактериальные болезни лесных пород в патологии леса. Известия Санкт–Петербургской лесотехнической академии, Выпуск 200. Санкт–Петербург 2012. С. 292–303.
6. Черпаков В.В. Таксономические трансформации патогенов мокрой древесины. Сборник научных трудов Брянской государственной инженерно-технологической академии // Актуальные проблемы лесного комплекса. Брянск: БГИТА, Выпуск 46. 2016. С. 98-104.

Таблица

Пороки древесины детерминированные к фитобактериозам

№ п/п	Наименование порока по стандарту	Виды и таксоны бактерий вызывающие порок и ассоциированные с ним	Поражаемые лесные породы
1.	Трещина	<i>Erwinia multivora</i> (<i>Pectobacterium carotovorum</i>)	Дуб, бук, ясень, граб, тополь, ильмовые, пихта, ель, сосна, др.
2.	Нарост	<i>Pseudomonas syringae</i> в т.ч. <i>патовары</i> ; <i>Pseudomonas savastanoi</i> в т.ч. <i>патовары</i> ; <i>Pseudomonas quercus</i> ; <i>Xanthomonas arboricola</i> в т.ч. <i>патовары</i> ; <i>Clostridium. Butyricum</i> ; <i>Bacillus populi</i> ; <i>Agrobacterium pseudotsugae</i> ; <i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Дуб, ясень, граб, орех грецкий, оливка, тополь, лиственница псевдоцуга, пихта, др. лиственные и хвойные породы
3.	Сухобокость	<i>Erwinia amylovora</i> ; <i>Erwinia multivora</i> (<i>Pectobacterium carotovorum</i>); <i>Pseudomonas syringae</i> в т.ч. <i>патовары</i>	Дуб, бук, ясень, граб, тополь, ильмовые, пихта, ель, сосна, др.
4.	Рак	<i>Pseudomonas syringae</i> в т.ч. <i>патовары</i> ; <i>Erwinia multivora</i> (<i>Pectobacterium carotovorum</i>); <i>Brenneria quercina</i> ; <i>Brenneria rubrifaciens</i>	Дуб, бук, ясень, граб, тополь, ильмовые, грецкий

			орех, пихта, ель, лиственница, сосна, др.
5.	Засмолок	<i>Erwinia multivora (Pectobacterium carotovorum)</i>	Пихта, лиственница, ель, сосна, др.
6.	Ложное ядро	<i>Erwinia multivora (Pectobacterium carotovorum)</i>	дуб, бук, ясень, граб, тополь, ильмовые, берёза, пихта, ель, сосна, др.
7.	Пятнистость (торцевая),	<i>Erwinia amylovora; Erwinia multivora (Pectobacterium carotovorum)</i>	Розоцветные, дуб, бук, ясень, граб, тополь, ильмовые, пихта, ель, сосна, др.
8.	Водослой	<i>Brenneria salicis; Erwinia multivora (Pectobacterium carotovorum); Clostridium spp.; Enterobacter cloacae; Lactobacillus spp.; Edwardsiella spp.; Bacteroides spp.</i>	Ивовые, дуб, бук, берёза, ясень, граб, тополь, ильмовые, пихта, ель, сосна, др.
10.	Химические окраски (тёмные)	<i>Erwinia multivora (Pectobacterium carotovorum); Brenneria nigrifluens</i>	Орех грецкий, дуб, бук, ясень, граб, тополь, ильмовые, пихта, ель, сосна, др.
11.	Побурение (торцевое, боковое)	<i>Erwinia multivora (Pectobacterium carotovorum)</i>	Дуб, бук, ясень, граб, тополь, ильмовые, пихта, ель, сосна, др.
12.	Гниль ядровая, заболонная	<i>Erwinia multivora (Pectobacterium carotovorum); Cellulomonas spp.; Clostridium spp.;</i>	Дуб, ясень, берёза, тополь, ильмовые, пихта, ель, сосна, др.

РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

Чубинский А.Н., a.n.chubinsky@gmail.com

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Известно, что развитие производства конструкционных материалов из древесины зависит от их востребованности на внутреннем (преимущественно строительство и изготовление мебели) и внешнем рынках.

В последние десятилетия, несмотря на кризисные явления в экономике, объёмы производства конструкционных материалов из древесины растут (табл. 1). Традиционно экспортно-ориентированными являются изготовители фанеры и пиломатериалов, которые экспортируют более 60% выпущенной продукции [1-3]. В конце первого десятилетия к ним присоединились производители топливных гранул и древесно-стружечных плит. Внутреннее потребление растёт незначительно, преимущественно благодаря увеличению объёмов строительства, в том числе деревянного домостроения, производство мебели в натуральном выражении падает.

Таблица 1

Объёмы производства конструкционных материалов из древесины и топливных гранул

Наименование продукта	Единица измерения	Год					
		1985	1990	2000	2010	2015	2016
Круглый лес	млн. м ³	328	304	168	174	164	164
Пиломатериалы	млн. м ³	80	75	20	19/29*	20/33	20/32
Фанера	млн. м ³	1,5	1,6	1,5	2,7	3,65	3,76
ДСтП	млн. м ³	3,5	6,6	2,3	5,5	7,21	7,37
ДВП	млн. м ³	1,5	1,5	0,9	1,6	1,72	1,81
Топливные гранулы	тыс. тонн	-	-	-	352	2012 г.	2014 г.
						850	890

* Примечание: в числителе – по данным Росстата, в знаменателе – экспертная оценка по данным, полученным исходя из объема экспорта и внутреннего потребления, исключая импорт

Традиционно в России строительство деревянных домов развито в лесных регионах страны и его объёмы мало зависят от кризисных явлений в экономике. Малоэтажное домостроение показывает уверенный рост, начиная с 2004 года. По данным Росстата в 2015 году введено в строй около 30 млн. кв. метров 1-4-х этажных домов, из них около 20% - деревянное жилище. Его доля, по мнению ряда экспертов, может достигнуть 30%. Увеличению спроса способствуют государственные программы «Жилище», «Жильё для российской семьи», «Создание условий для обеспечения доступным и комфортабельным жильём граждан России».

Положительный эффект в развитии малоэтажного домостроения окажут меры государственной поддержки деревянного домостроения /3/, изменения в нормативах по проектированию и строительству деревянных домов, разрабатываемые Минстроем России [4], создание новых конструкций и древесных материалов (CLT и др.).

Имевший место высокий рост производства в середине 2000-х, после резкого падения в начале 90-х годов прошлого века, в 2010-х замедлился в результате очередной волны мирового экономического кризиса.

При незначительном увеличении объема лесозаготовок рост производства пиломатериалов, фанеры и плит увеличился в 1,7-2,1 раза. Этому способствовало увеличение внутреннего потребления продукции из древесины и повышение вывозных таможенных пошлин на круглый лес. Тем не менее, душевое потребление материалов из древесины в России все еще намного меньше, чем в индустриально развитых странах. Пиломатериалов в России потребляют 0,08 м³ на человека, а в США – 0,4 м³, в Финляндии – 1,0 м³; листовых древесных материалов в России – 0,08 м³, в США – 0,19 м³, в Финляндии – 0,12 м³.

С целью увеличения объёмов производства и потребления лесобумажной продукции в планах Минпромторга предусматривается строительство двух ЦБК, 4-х фанерных и 7-ми предприятий по изготовлению древесных плит /3/.

Высокими темпами развивается производство топливных гранул. За последние 10 лет их объём вырос с практически нулевой отметки до почти миллиона тонн, позволяя перерабатывать не востребовавшую древесину и отходы деревообработки.

Дальнейшему развитию производства конструкционных материалов из древесины будут способствовать [1-3,6,7]:

1. Ускоренное развитие лесного сектора экономики на Дальнем Востоке и в Сибири, в которых произрастает около 60% лесных ресурсов страны. В настоящее время наиболее развитым и экспортно-ориентированным в области переработки древесины является СЗФО.

2. Совершенствование структуры потребления круглого леса. В странах с развитым лесным сектором экономики более половины заготовленного леса уходит в целлюлозно-бумажное производство, которое перерабатывает в общем объеме и неликвидное для производства пиломатериалов мелкогабаритное и

низкокачественное сырье. В нашей стране потребителем этого сырья может стать и производство топливных гранул, которые могут конкурировать с газом для населённых пунктов, куда доставлять газ экономически не целесообразно.

3. Увеличение объёмов производства деревянных домов заводского изготовления, строительных материалов и конструкций из древесины, увеличение доли древесины в строительстве.

4. Увеличение объёмов производства клееных материалов из древесины, в первую очередь фанеры, с учетом запасов березового сырья; клееных брусьев и щитов (столярных плит), позволяющих существенно повысить рентабельность продукции лесопиления.

5. Повышение эксплуатационных характеристик древесно-стружечных плит, в первую очередь, снижение эмиссии формальдегида, что позволит повысить их конкурентоспособность как на международном, так и внутреннем рынках.

6. Внедрение инновационных методов неразрушающего контроля качества древесного сырья и продукции из древесины, включая лазерное сканирование, рентгенографию, ультразвуковую диагностику, магнитно-резонансную томографию, позволяющих повысить коэффициент полезного использования сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чубинский А.Н., Тростинский Д.Р. Оценка состояния деревообрабатывающего сектора экономики России // Современные проблемы переработки древесины. СПб.: СПбГЛТУ, 2013. – с. 5-10.

2. Chubinskij A., Trostinskij D. Holzindustrie in Russland - gegenwartiger Zustand und Ausblick. Allgemeine Forst Zeitschrift Der Wald, №20, 2013. - p. 67-72. 3. Шалашов А.П. Состояние и перспективы развития древесных плит в России. Древесные плиты: теория и практика. СПб.: СПбГЛТУ, 2017 – с.6-11.

4. www.minstroyrf.ru/press/. 17.08.2016.

5. www.minstroyrf.ru/press/. 01.02.2017.

6. Кондратюк В.А., Кожемяко Н.П., Кондратюк А.В. Приоритетные инвестиционные проекты в области освоения лесов как инструмент управления стратегическим развитием Лесного комплекса Российской Федерации // Вестник Иркутского государственного технического университета, №5 (64), Иркутск, 2012 – с. 230-235.

7. Чубинский А.Н., Решетняк В.Н., Шестов А.Ю. Индустриальное деревянное домостроение. СПб.: СПбГЛТА, 2006 -36 с.

ПОЛУЧЕНИЕ ГРАФЕНА КАРБОНИЗАЦИЕЙ ОТХОДОВ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.

Возняковский А.П., voznar@mail.ru

НИИ синтетического каучука или СВ. Лебедева,

Крутов С.М.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

После работ Гейма и Новосельцева по получению и исследованию графена, резко возрос интерес к получению двумерных углеродных структур [1]. К настоящему времени показано, что двумерные 2D углеродные структуры (графен, оксид графена, восстановленный оксид графена) перспективны для использования в различных областях современного материаловедения.

Современные методики получения двумерных углеродных структур, в подавляющем большинстве случаев, основаны на эксфолиации природного графита и позволяют получать 2D углеродные структуры в количествах, достаточных для углублённых исследований [2]. Так, на примере промышленно выпускаемых полимеров, продемонстрировано, что эксфолиация оксида графена в объём полимерной матрицы приводит к значительному улучшению физических, прочностных, термических, электрохимических и триботехнических параметров полимерной матрицы.

Основным вызовом, препятствующим внедрению графеновых структур в реальную практику материаловедения, остается явно недостаточная производительность современных методик их получения.

Наши исследования базируются на представлении организации гексагонов, основой которых является шестиатомный цикл атомов углерода. Поиск источника таких циклов, а также методики инициирования их «bottom – up» самоорганизации позволило бы получать 2D структуры в необходимом масштабе. Мы полагаем приемлемым источником гексагонов могут быть многотоннажные отходы биотехнологической промышленности – лигнин, а также кора хвойных деревьев.

К настоящему времени хорошо отработан метод получения 3D углеродных структур – детонационный синтез. В условиях этого синтеза из продуктов взрывного разложения смеси циклических органических веществ (тринитротолуола и циклотриметилентринитрамина) и последующих процессов самоорганизации формируются 3D углеродные структуры - кристаллы высокодисперсного алмаза.

Для синтеза необходимых нам 2D углеродных структур нами была выбрана методика самораспространяющегося высокотемпературного синтеза [3]. Под термином самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС, [англ. Self-propagating high temperatures synthesis](#), Типичными характеристиками СВС-процесса являются: скорость распространения фронта пламени — (0,1 —

20) см/с; максимальная температура горения — (2300 — 3800) К; скорость нагрева вещества в волне — (103 — 106) град./с.

Предполагалось, что в условиях процесса СВС процессы карбонизации пройдут более глубоко, вплоть до гексагонов, чем в традиционно используемых процессах карбонизации: пиролиза и гидротермальной карбонизации. Кроме того, преимуществом СВС-процессов по сравнению с процессами пиролиза и гидротермальной карбонизацией является простота аппаратного оформления метода, высокие скорости синтеза, возможность проведения синтеза без постоянного подвода энергии от внешних источников питания, возможность проведения синтеза в любой атмосфере или в вакууме, отсутствие принципиальных масштабных ограничений.

Целью настоящей работы является синтез и характеристика 2D углеродных структур, получаемых карбонизацией лигнина и коры хвойных деревьев, в условиях СВС-процесса.

Материалы. Лигнин получен из отвалов длительного хранения при атмосферных условиях Архангельского гидролизного завода. Кора получена из отходов, полученных при окорке деловой древесины.

Процесс карбонизации. Шихту для карбонизации приготавливали смешением окислителя и восстановителя (лигнин, кора) в соотношении 1:1. Карбонизацию проводилось на лабораторном стенде, представляющую собой трубчатую кварцевую печь, снабженную устройством для регулировки температуры в пределах до 500° С.

Результаты и их обсуждения

Полученный карбонизированный продукт был охарактеризован методом растровой электронной микроскопии.



Рис.1 Карбонизированный лигнин

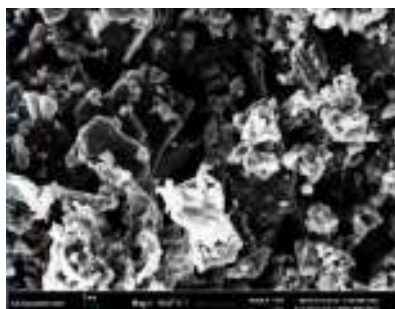


Рис.2 Карбонизированная кора ели

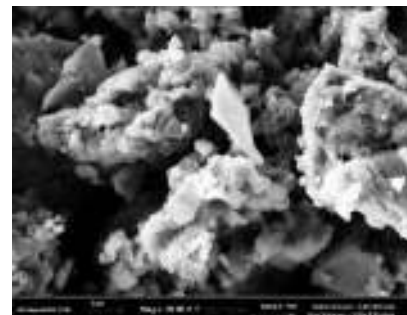


Рис.3 Карбонизированная кора сосны

Электронные микрофотографии карбонизированных продуктов представлены на Рисунке 1 (А-С). Как можно заключить из данных рис.1-3,

полученные частицы представляют собой объемно-плоскостные «чешуйчатые» частицы. Типичная дифрактограмма карбонизированных продуктов приведена на Рис.4

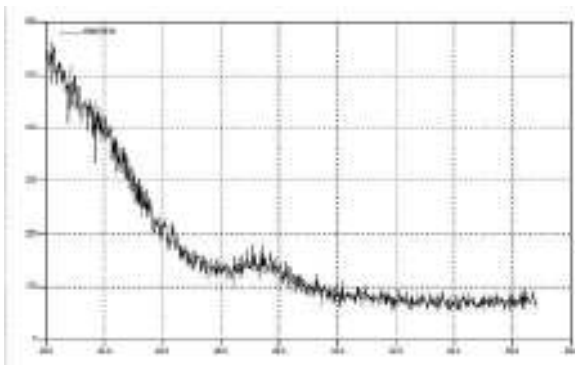


Рис.4. Дифрактограмма карбонизированного лигнина

Как можно заключить из данных Рис.4, структура карбонизированных частиц рентгеноаморфна и, следовательно, не соответствует частицам графита. Вывод о несоответствии структуры полученных частиц структуре графита подтверждается также хорошим совпадением значения определённой нами истинной плотности частиц ($\rho = 1.82 \pm 0.02 \text{ г/см}^3$) с истинной плотностью высокодисперсных частиц

графена $\rho = 1.9 \text{ г/см}^3$. Отметим, что на дифрактограмме, в частности, наблюдается широкий диффузный максимум около значения $2\theta = 26.5^\circ$. Общий вид дифрактограммы и положение пика практически полностью совпадает с дифрактограммой известной для так называемого многослойного графена (multy-layersgraphen).

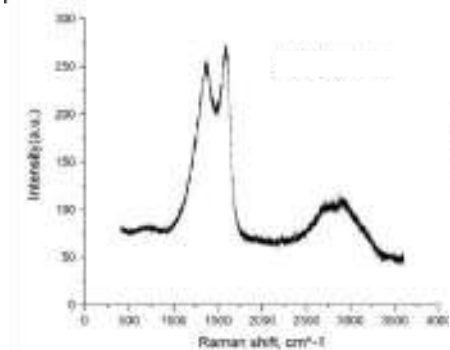


Рис.5 Рамановская спектроскопия лигнина

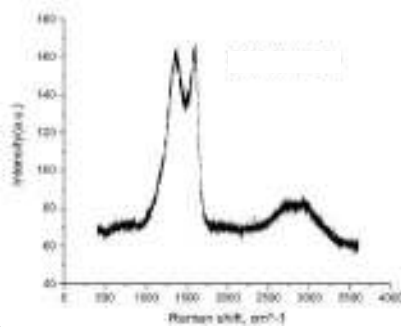


Рис.6 Рамановская спектроскопия карбонизированной коры ели

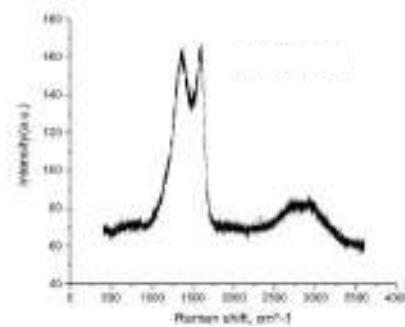


Рис.7 Рамановская спектроскопия карбонизированной коры сосны

Данные Рамановской спектроскопии приведены на Рис. 5-7. Вид Рамановского спектра, приведенных на Рис. 5-7 полностью совпадают с известными спектрами, характерными для графена.

Таким образом карбонизацией природных полимеров в процессе самораспространяющегося высокотемпературного синтеза получен многослойный графен.

ЛИТЕРАТУРА.

1. A.K. Geim, K. S. Novoselov. The Rise of Graphene // Nature Materials, 2007. -V.6, -P.183-191
2. Hummers, W. S.; Offeman, R. E. Preparation of Graphitic Oxide // J. Am. Chem. Soc. 1958, -V.80. - P.1339-1339.
3. Концепция развития СВС как области научно-технического прогресса /ред. А.Г. Мержанов. Черногловка, «Территория», 2003, 368 с.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СМОЛИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ЧЕРНОМ ЩЕЛОКЕ

Гаврилова Е. А., Ведерников Д.Н. dimitriy-4@yandex.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Кряжев М.А.

ООО «Адвис плюс»

Для прогнозирования образования сульфатного мыла на ЦБК необходимо анализировать количество смолистых соединений или так называемых СЖН (сумма смоляных, жирных кислот и неомыляемых веществ, входящих в состав сульфатного мыла (кислоты в виде солей)). В 1957 Сальтсманом [1] была разработана методика, где смолистые вещества выделяли петролейным эфиром (ПЭ). При выделении из черного щелока использовались ацетон, этиловый спирт, перекись водорода, сульфит натрия.

На целлюлозно-бумажных комбинатах нашей страны в настоящий момент чаще всего пользуются методом, где смолистые вещества выделяются диэтиловым эфиром после подкисления черного щелока. Иногда экстракцию эфиром проводят дважды. Вначале экстрагируют подкисленный черный щелок, затем эфирный экстракт выпаривают, сушат остаток в течение часа при 105 °С и снова экстрагируют диэтиловым эфиром (ДЭ). При этом количество СЖН при использовании ДЭ в 2-3 раза больше, чем при использовании петролейного эфира в методе Сальтсмана. При сравнении различных методов выделения СЖН [2] было показано, что использование ДЭ более правильно, из-за выделения большего количества СЖН и лучшей воспроизводимости анализа. Пришло время сравнить методы выделения, используя для качественного анализа и количественного состава выделяемых веществ метод хромато-масс-спектрометрии. Перед анализом СЖН метилировали диазометаном. Для хромато-масс-спектрометрического анализа использовали хромато-масс-спектрометр с газовым хроматографом 6850А, модели – G2629А с селективным масс-спектрометрическим детектором HP5973 Network, модели – G2577А фирмы “Agilent Technologies, Inc.” Энергия ионизации 70 эВ. Температура сепаратора 280°С, ионного источника 230°С. Колонка кварцевая HP-5MS 30000×0.25 мм со стационарной фазой (5% фенилметил-силоксан) толщиной 0,25 мкм. Температура колонки: программирование температуры от 100 до 280°С со скоростью 5°С минуту и 20 мин изотермы при 280°С. Температура испарителя 280°С. - Скорость газа носителя (гелия) 1см³/мин. Дозируемый объем 0.1 мкл.

Оказалось, что СЖН, выделяемые ДЭ без повторной экстракции высушенного остатка содержат свыше 40% серосодержащих соединений (например, октасульфид) и до 10% низкомолекулярных фенольных соединений, таких как ванилин, гваякол, пирокатехин, гидроксистильбены и т.д. Высушивание ДЭ экстракта и повторная экстракция остатка позволяет

избавиться от серосодержащих соединений, но не от фенольных соединений. ПЭ экстракт, полученный по Сальтсману, не содержит ни серосодержащих соединений, ни фенольных соединений. Кроме того, выяснилось, что при выполнении параллельных анализов, ошибка при определении с использованием ДЭ иногда достигает 50%. Ошибка по методу Сальтсмана не превышает 10%. Причины ошибок при использовании ДЭ в сравнении с ПЭ+ацетон+этанол мы видим в следующем. В методике с использованием ПЭ перед экстракцией подкисленного щелока, в черный щелок добавляется перекись водорода для разрушения серосодержащих соединений. Таким образом, от одних примесей избавляются. Фенольные соединения, которые не являются СЖН, не экстрагируются ПЭ. При использовании ДЭ экстрагируют подкисленный черный щелок, в котором при подкислении выпал лигнин. Таким образом, ДЭ должен извлечь СЖН не только из водно-солевого раствора, но и из выпавшего лигнина. Диффузия из твердого вещества значительно сложнее протекает и может привести к различиям в параллельных определениях. В методе Сальтсмана в щелок после подкисления добавляют ацетон и этиловый спирт, в результате нижний слой в делительной воронке, в котором находится лигнин, становится прозрачным – лигнин растворяется и происходит жидкость-жидкостная экстракция, с отсутствием твердой фазы.

Таким образом, мы видим метод Сальтсмана, несмотря на использование большого количества реагентов и растворителей, более правильным и легко воспроизводимым.

ЛИТЕРАТУРА

1. Saltsman W., Kuiken K.A. Estimation of tall oil in sulphate black liquor //TAPPI. 1959. 42 (11). p.873–874.
2. Жукова И.П., Косарева В.А. Сравнительная оценка методов количественного определения таллового масла в черных щелоках в сб. Исследование в комплексном использовании побочных продуктов сульфатно-целлюлозного производства //Тезисы докладов Всесоюзной научно-практической конференции. Архангельск. 28 июня – 1 июля 1983 г. с. 98-99.

ЛЕТУЧИЕ ВЕЩЕСТВА ПЕТРОЛЕЙНОГО ЭКСТРАКТА ЛИШАЙНИКА ГИПОГИМНИИ ВЗДУТОЙ HUROGYMNA PHYSODES ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО НА БЕРЕЗЕ

Гузенко М.М., Ведерников Д.Н. kaf.chemdrev@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Лишайники - организмы, образованные симбиозом грибов и микроскопических зеленых водорослей. Применяются в сельском хозяйстве (корм для домашних животных), медицине (антибиотики на основе усниновой кислоты), косметике (антиперспиранты), парфюмерии, химической промышленности (производство красок).

В настоящее время лишайниковые кислоты обращают повышенное внимание в связи с обнаружением у них противоопухолевой активности [1,2].

В работе проводилось изучение химического состава экстрактивных веществ лишайника *Hypogymnia physodes* (Гипогимния вздутая) семейства *Parmeliaceae* (Пармелиевые). Этот вид лишайника является одним из наиболее распространенных лишайников, произрастающих на березе не только в Ленинградской области, но и по всей России.

Сбор лишайника производился со стволов березы на высоте от 50 см до 2,5 м в августе на границе Новгородской области и Ленинградской области. Для анализа состава измельченное воздушно-сухое сырье проэкстрагировали изопропиловым спиртом. Спиртовый экстракт разделили последовательной экстракцией этилацетатом, диэтиловым эфиром(ДЭ), петролейным эфиром(ПЭ). Результаты экстракции представлены в таблице 1.

Таблица 1

Выход экстрактивных веществ

Растворитель	Содержание веществ от спиртового экстракта, в %	Содержание веществ от массы сырья, в %
Петролейный эфир (40-70)	11,8	2,5
Диэтиловый эфир	62,1	15,6
Этилацетат	19,0	19,6
Изопропиловый спирт	7,1	21,1
Общий выход	100	21,1

Углеводородный экстракт разделили методом колоночной хроматографии на силикагеле. В качестве элюента использовали петролейный эфир (40-70) и диэтиловый эфир. Элюирование – градиентное, от ПЭ до 60% ДЭ в ПЭ.

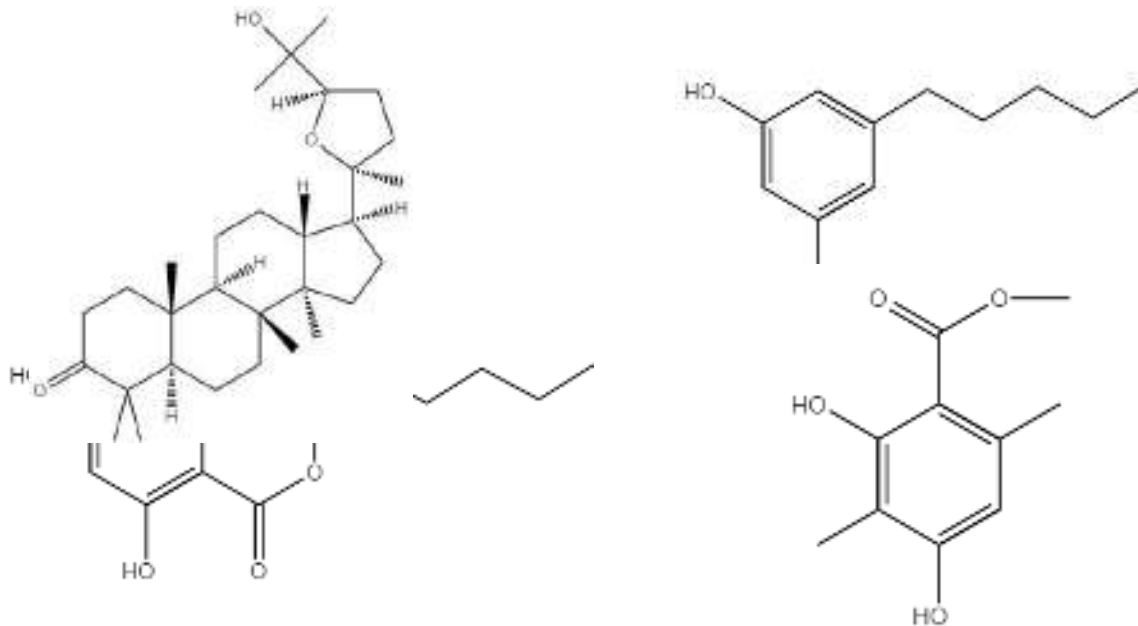
Полученные фракции анализировали методом хромато-масс-спектрометрии (ХМС). Идентификацию соединений проводили сравнением масс-спектров соединений и индексов удерживания с базой данных NIST, а также сравнением хроматографических данных с данными имеющихся в лаборатории соединений. Строение выделенных соединений ранее устанавливалось спектральными методами. Индекс удерживания(I) соединений определили по временам удерживания n-алканов фирмы Aldrich. Количественное содержание соединений во фракциях определяли методом внутренней нормализации. Идентифицированные соединения представлены в таблице 2.

Окотиллон(1) ранее был обнаружен в составе почек *Betula grandifolia*[3]. Ранее, в березе пушистой и в березе повислой, он не обнаруживался. В составе экстракта идентифицировали соединения характерные для лишайника семейства *Parmeliaceae* – атрариковая кислота(2), оливетонид(3), оливетол(4). Основную массу углеводородного экстракта составляют компоненты коры березы - тритерпеноиды [4]. Из литературных данных известно, что бетулин проявляет противовосполительные и противоопухолевые свойства[5], бетулиновая кислота проявляет активность против меланомы[6]. Атрариковая кислота проявляет активность в лечении простатита[1].

Состав идентифицированных «летучих» экстрактивных веществ
петролейного экстракта.

Соединение	Выход от массы экстракта, в %	I
Алканы: Стигмастан-3,5-диен n-алканы с нечетным кол-вом атомов углерода C23 - C33	1,6 0,9	2711 -
Жирные кислоты: Линолевая кислота Стеариновая кислота	0,7 0,6	2140 2169
Фенольные соединения: Атранол Атрариновая кислота Оливетол Оливетонид	следы 2,3 0,4 следы	1554 1729 1743 2277
Тритерпеноиды олеанового ряда: Метилвый эфир ацетат олеаноловой кислоты	1,7	3487
Тритерпеноиды даммаранового ряда: Окотиллон	следы	3508
Тритерпеноиды лупанового ряда: Бетулон Бетулоновая кислота* Бетулин Бетулиновая кислота* Бетулиновый альдегид Луп-20(29)-ен-3-он Лулеол	следы 0,5 25,6 1,0 7,7 10,2 11,7	3679 3558 3701 3542 3683 3367 3388

* - идентифицированы в виде метиловых эфиров



Список литературы

1. Papaioannou M. The natural compound atraric acid is an antagonist of the human androgen receptor inhibiting cellular invasiveness and prostate cancer cell growth // J Cell Mol Med. – 2009.-13(8B)-p. 2210-23
2. Ranković B.R. Antioxidant, antimicrobial and anticancer activity of the lichens *Cladoniafurcata*, *Lecanoraatraand* *Lecanoramuralis* // BMC Complementary and Alternative Medicine – 2011.-V.20(11)- p.97-105
3. Ведерников Д.Н. Особенности экстрактивных веществ почек березы *Betula grandifolia* Litv. дендрария СПбЛТА // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии – 2010.-Вып. 193.-С.250-261
4. Ведерников Д.Н. Состав жирных и тритерпеновых кислот углеводородного экстракта из бересты *Betula pendula* // Растительные ресурсы – 2008.-Т.44.- Вып.3.- С.75-82
5. Толстикова Г.А. Бетулин и его производные. Химия и биологическая активность // Химия в интересах устойчивого развития — 2005. - №13. - С.1-30
6. Pisha E. Discovery of betulinic acid as a selective inhibitor of human melanoma that functions by induction of apoptosis // Nat. Med. – 1995.- N10.- p. 1046 – 1051

ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ СОЛЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ПРИ МАЛОМОДУЛЬНОМ ГИДРОЛИЗЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Денисенко Г. Д., biotech@spbftu.ru

Ёлкин В. А., biotech@spbftu.ru, Бобина Ю. Д., bobinajulia@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

При получении кормовых добавок методом маломодульного гидролиза могут быть использованы различные катализаторы: неорганические кислоты (серная и фосфорная кислоты), а также солевые катализаторы. Интерес к использованию солевых катализаторов обоснован тем, что они позволяют обогатить корма сельскохозяйственных животных микро- и макроэлементами.

К необходимым для жизнедеятельности организма животных макроэлементам относятся: Ca, P, K, Na, Cl, S, Mg [1].

Кальций в животном организме служит материалом для построения костной ткани. Он обеспечивает жизненно важные функции: свертывание крови, сокращение мускулатуры, передачу нервных импульсов.

Фосфор на 80 – 85% находится в скелете как структурный материал, участвует в углеводном и жировом обмене.

Калий в больших количествах содержится во внеклеточных жидкостях.

Натрий и хлор участвуют в поддержании кислотно-щелочного баланса (pH) и осмотического равновесия в организме.

Сера входит в состав трех аминокислот: метионина, цистеина и лизина, и витаминов группы В - тиамина и биотина.

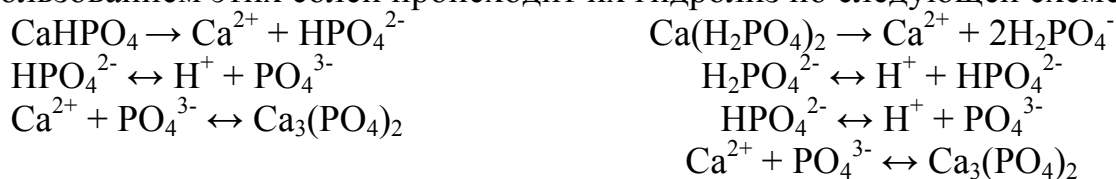
Магний является необходимым компонентом более 300 ферментов.

Не всегда корма, входящие в состав рациона, удовлетворяют по своему составу потребности животных в минеральных веществах. Использование в рационах сельскохозяйственных животных растительно-углеводных кормовых добавок, обогащенных микро- и макроэлементами за счет проведения маломодульного гидролиза растительного сырья с солевыми катализаторами, позволяет значительно снизить дефицит минеральных веществ. По мнению

специалистов, соотношение Ca:P:Na:Mg в рационах жвачных животных должно составлять 4:2:1:1 [3].

Целью данной работы явилось изучение влияния температуры на величину рН и растворимость солевых катализаторов. В качестве солевых катализаторов использовались следующие соли: дигидрофосфат кальция химически чистый ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$); дигидрофосфат кальция химически чистый ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) + хлорид натрия (NaCl) в соотношении 4:1; дигидрофосфат кальция кормовой; гидрофосфат кальция химически чистый (CaHPO_4).

В процессе маломодульного гидролиза растительного сырья с использованием этих солей происходит их гидролиз по следующей схеме:



На основании проведенных ранее исследований расход солевых катализаторов при маломодульном гидролизе растительного сырья составлял 4% от а.с.с. при гидромодуле 2, что соответствовало 2%-ному раствору солевого катализатора [2,4]. Исходя из этого при изучении изменения рН растворов в зависимости от температуры были использованы 2%-ные растворы солей. Данные этих исследований приведены в таблице 1.

Влияние температурной обработки на рН растворов солей

Таблица 1

Т°С	Вид катализатора			
	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	Дигидрофосфат кальция кормовой	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{NaCl}$	CaHPO_4
	рН	рН	рН	рН
20	3,04	2,98	3,43	7,27
40	2,69	2,63	2,84	7,03
60	2,33	2,44	2,5	6,55
80	2,01	2,14	2,2	5,91
100	1,71	2,02	1,91	5,01

Как видно из данных таблицы с увеличением температуры от 20° до 100°С рН соли $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ снижается от 3,04 до 1,71. Смешанный катализатор ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{NaCl}$) показывает ту же зависимость. Величина рН этого раствора меняется от 3,43 до 1,91.

В случае использования кормового дигидрофосфата кальция величина рН изменяется от 2,98 при 20°С до 2,02 при 100°С. Растворимость этих солей примерно одинакова и составляет 93 – 97% от а.с.в. Наблюдается небольшое повышение растворимости данных катализаторов при увеличении температуры от 20° до 100°С.

Гидрофосфат кальция химически чистый – соль плохо растворимая. Ее растворимость практически не изменяется с увеличением температуры до 100°С и составляет 1,2 – 0,9 %. рН при этом изменяется от 7,27 до 5,01.

Расчет константы гидролиза этого процесса K_{Γ} и pH растворов производился по формулам:

$$K_{\Gamma} = \frac{K_{H_2O}}{K_{H_3PO_4}}; \quad (1)$$

$$\alpha_{H^+} = \sqrt{K_2 \alpha_{Ca^{2+}}}; \quad (2)$$

$$pH = -\lg \alpha_{H^+} \quad (3)$$

где K_{H_2O} - ионное произведение воды; $K_{H_3PO_4}$ - константа диссоциации гидроксида кальция; α_{H^+} и $\alpha_{Ca^{2+}}$ - соответственно активности ионов водорода и кальция в растворе.

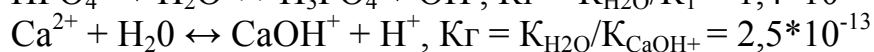
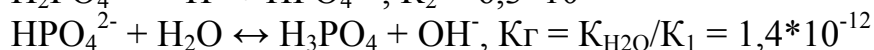
В растворах кислых солей, образованных сильным основанием и слабой кислотой, среда может быть как кислой, так и щелочной, в зависимости от того, какой процесс преобладает - диссоциация гидроаниона или его гидролиз.

Концентрацию водорода в растворах солей можно рассчитать по приближенной формуле:

$$[H^+] \approx \sqrt{K_1 K_2}, \quad (5)$$

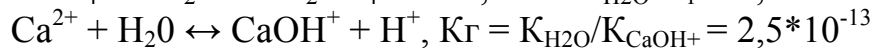
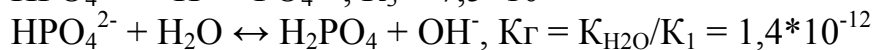
где K_1 и K_2 - константы диссоциации соответствующей кислоты по I и II ступени.

В качестве примера рассмотрим расчет pH в растворе $Ca(H_2PO_4)_2$. В свежеприготовленном растворе $Ca(H_2PO_4)_2$ устанавливаются равновесия, характеризующиеся соответствующими константами:



Из сопоставления величин констант равновесия видно, что преобладает процесс диссоциации дигидрофосфат-иона. Концентрация ионов водорода в растворе согласно уравнению (5) составляет $2,1 \cdot 10^{-5}$; pH 4,7. Однако в процессе продолжительного воздействия воды на дигидрофосфат кальция возможно образование свободной ортофосфорной кислоты H_3PO_4 и гидроксилапатита $Ca_5OH(PO_4)_3$, что существенно понижает pH раствора.

Расчет pH в растворе $CaHPO_4$. В свежеприготовленном растворе $CaHPO_4$ устанавливаются равновесия, характеризующиеся соответствующими константами:



Концентрация ионов водорода в растворе согласно уравнению (5) составляет $8,19 \cdot 10^{-10}$; pH 9,09.

На основании приведенных расчетов и экспериментальных данных можно сделать вывод о значительном каталитическом влиянии солей на процесс гидролиза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Девяткин А. И. и Ткаченко Е. И. Рациональное использование кормов в промышленном животноводстве. 2-е изд., перераб. и доп. - М., Россельхозиздат, 1981. - 223 с.
2. Денисенко Г. Д., Ёлкин В. А., Бобина Ю. Д. Получение растительно-углеводных кормовых добавок, обогащенных минеральными компонентами и аминокислотами.//

Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Сб. трудов. Международная заочная научно-практическая конференция. – 2015. – №6 (17). – с. 82 – 86

3. Крисанов А. Ф., Рузантин В. И., Вдован А. А. Нормирование при кормлении скота. // Животноводство. – 1987. - №1. – с. 27 – 29

4. Холькин Ю. И., Ёлкин В. А., Денисенко Г. Д., Иванов А. С. и др. Растительные углеводно-белковые корма. // Гидролизная и лесохимическая промышленность, 1987. - №4. – с. 4 – 6.

ВОЗМОЖНОСТИ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ЯМР ^{13}C ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ ЛИГНИНА

Евстигнеев Э.И.,¹ Мазур А.С.,² Калугина А.В.,¹ Пранович А.В.¹ Васильев А.В.¹

¹Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

²Санкт-Петербургский государственный университет

Новые возможности для изучения структуры лигнина открывает применение твердофазной ЯМР-спектроскопии. Ее преимуществом является возможность изучать компоненты древесины без их выделения, т.е. в нативном состоянии, однако она отличается сравнительно низкой разрешающей способностью. К тому же сигналы целлюлозы, гемицеллюлоз и лигнина в спектрах древесины значительно перекрываются между собой.

Фундаментальную роль при описании строения и химических реакций лигнина играют межъединичные связи Алкил-О-Арил, поэтому определение содержания этих связей является важной аналитической проблемой. Для растворимых препаратов лигнина сегодня наибольшее распространение определения указанных связей получил метод количественной ^{13}C ЯМР-спектроскопии в растворе. Возможности твердофазной ЯМР-спектроскопии в этом направлении еще не исследованы. Потенциально она позволяет исследовать структуру как растворимых, так и нерастворимых образцов.

В данной работе предпринята попытка определить возможности ^{13}C CP/MAS NMR для оценки содержания связей Алкил-О-Арил (суммы α -О-4 и β -О-4) и метоксильных групп, в растворимых и нерастворимых препаратах лигнина. Для этой цели исследованы препараты лигнина (лигнин Фрейденберга, лигнин Бьеркмана, лигнин Пеппера), технические лигнины (натронный лигнин, натронно-АХ лигнин, сульфатный лигнин, сульфатно-АХ лигнин и гидролизный лигнин), модельные димерные соединения (рис. 1) и полисахариды (галактоглокоманнан, арабиногалактан, ксилан, арабинан).

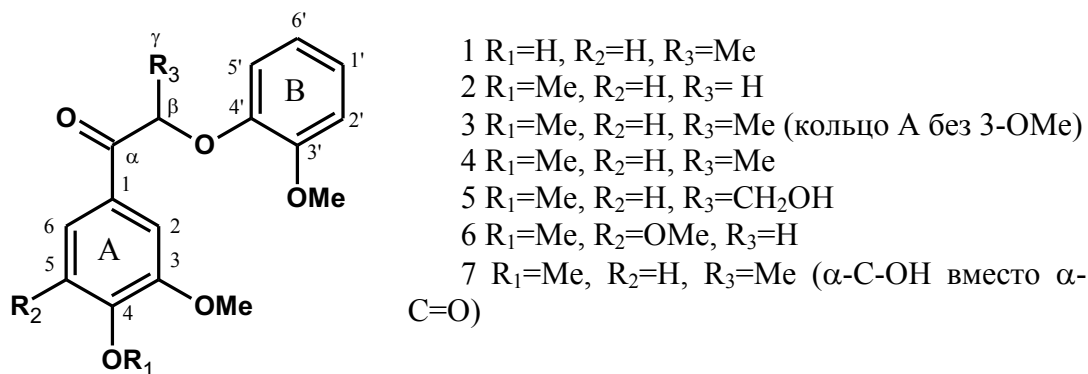


Рис. 1. Строение исследованных модельных соединений лигнина.

Аналитические характеристики исследованных препаратов лигнина представлены в табл. 1. Типичный твердофазный спектр ^{13}C ЯМР-спектр лигнина показан на рис. 1.

Таблица 1.

Содержание функциональных групп, связей и углеводов в препаратах лигнина ели [1]

Препарат	OMe, %	ОН _{фен} , %	Связи Алкил-О-Арил, n/100 ФПЕ	Углеводы, %
Лигнин Фрейденберга	15.11	2.00	71	6.5
Лигнин Бьеркмана	15.78	2.97	61	5.3
Лигнин Пеппера	15.08	4.52	44	3.7
Натронный лигнин	13.24	5.32	36	7.3
Натронно-АХ* лигнин	12.90	6.43	24	7.2
Сульфатный лигнин	13.27	6.48	23	7.1
Сульфатно-АХ лигнин	12.96	6.63	22	7.0
Гидролизный лигнин	11.96	3.00	61	6.4

*АХ – антрахинон

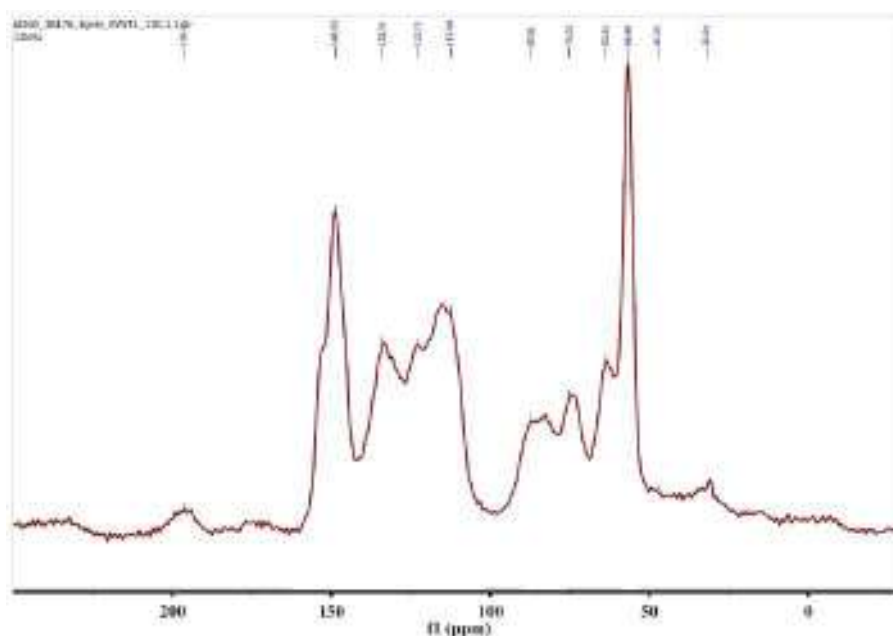


Рис. 1. Твердофазный ^{13}C CP/MAS ЯМР-спектр лигнина Бьеркмана ели.

На основании проведенных исследований и литературных данных выполнено отнесение сигналов в твердофазных ЯМР-спектрах лигнина. Установлено, что существует строгая линейная корреляция ($r = 0.985$) между содержанием в лигнине межъединичных связей Алкил-О-Арил и интегральной интенсивностью в диапазоне химических сдвигов 96-68 ppm, измеренной по отношению к интегральной интенсивности внутреннего стандарта, в качестве которого использована область сигналов ароматических атомов углерода в диапазоне 162-102 ppm (рис.2).

Для элиминирования влияния углеводов, содержащихся в лигнине, определена величина поправки, которую необходимо вносить в расчеты. Она составляет 0.67 % от площади интегрирования на каждый процент углеводов.

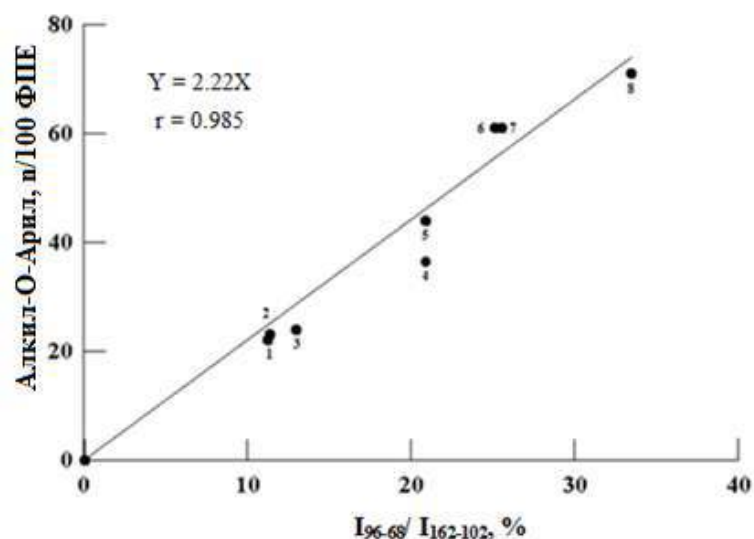


Рис. 2. Корреляция между интегральной интенсивностью кластера полос в диапазоне 96-68 ppm в твердофазных ЯМР-спектрах препаратов лигнина и содержанием связей Алкил-О-Арил: 1 – сульфатно-АХ; 2 – сульфатный; 3 – натронно-АХ; 4 – натронный; 5 – лигнин Пеппера; 6 – гидролизный лигнин; 7 – лигнин Бьеркмана; 8 – лигнин Фрейденберга.

Наряду с межъединичными связями Алкил-О-Арил важное значение для характеристики выделенных препаратов лигнина имеют метоксильные группы. Для определения метоксильных групп использовалось отношение $I_{58-54}/I_{162-102}$. Установлено, что между этим отношением и содержанием метоксильных групп в лигнине имеется линейная корреляционная взаимосвязь ($r = 0.99$). Исключение составляют нерастворимые препараты (лигнин Фрейденберга, гидролизный лигнин и лигнин Класона). В работе обсуждаются возможные причины обнаруженного эффекта.

Таким образом, метод ^{13}C CP/MAS NMR может стать надежным аналитическим методом в химии лигнина при изучении реакций с участием межъединичных связей Алкил-О-Арил. Как показали проведенные исследования, при выделении из древесины, в том числе в условиях щелочных варок древесины, в той или иной степени, происходит деструкция указанных связей. Несомненным преимуществом метода является возможность изучения как растворимых, так и нерастворимых препаратов.

Метод ^{13}C CP/MAS NMR позволяет также достаточно надежно определять в лигнине содержание метоксильных групп в растворимых препаратах.

ЛИТЕРАТУРА

Evstigneyev E.I., Kalugina A.V., Ivanov A.Yu., Vasilyev A.V. Contents of α -O-4 and β -O-4 bonds in native lignin and isolated lignin preparations. *J. Wood Chem. Technol.* **2017**. In press. Doi: 10.1080/02773813.2017.1297832.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, грант № 14-13-00448.

НОВЫЙ МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ СТРОЕНИЯ ЛИГНИНА

Евстигнеев Э.И.,¹ Иванов А.Ю.,² Калугина А.В.,¹ Васильев А.В.¹

¹Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

²Санкт-Петербургский государственный университет

ЯМР-спектроскопия, особенно количественная ¹³C ЯМР-спектроскопия в растворе, позволила поднять на новый уровень наши знания о строении лигнина, включая содержание в нем межъединичных связей и функциональных групп различных типов. Отмеченные достижения относятся к препаратам лигнина, растворимым в некоторых органических растворителях и водных растворах щелочей. Однако существует группа препаратов лигнина, нерастворимых в этих растворителях, в то время как изучение их структуры имеет важное значение для понимания строения природного лигнина и его химических превращений в технологических процессах. К ним относятся: лигнин Фрейденберга, остаточный лигнин, технический гидролизный лигнин и некоторые другие. Предпринимались попытки применить к нерастворимым препаратам твердофазную ЯМР-спектроскопию, однако современный уровень развития этого перспективного метода пока не позволяет перейти от качественного анализа к количественному.

В данной работе предложен расчетно-аналитический метод количественного определения алкиларильных простых эфирных связей (связей α-O-4 и β-O-4) в лигнине. В рамках метода связи Алкил-О-Арил рассматриваются как связанные фенольные гидроксилы. В основе метода лежит уравнение баланса, в которое входит количество свободных ($Q_{OH,d}$, $Q_{OH,r}$) и связанных ($Q_{OR,d}$, $Q_{OR,r}$) фенольных гидроксильных групп в растворенном и остаточном лигнине с одной стороны и их количество в нативном лигнине ($Q_{OH,n}$, $Q_{OR,n}$) – с другой. В работе определено значение постоянной величины $\Sigma Q = 93/100$ ФПЕ.

$$Q_{OH,d} + Q_{OH,r} + Q_{OR,d} + Q_{OR,r} = \Sigma Q$$
$$\Sigma Q = Q_{OH,n} + Q_{OR,n}$$

Количество свободных $OH_{фен}$ рассчитано на основании результатов определения содержания $OH_{фен}$ методом аминолиза в растворенном и остаточном лигнине в ходе сульфатной варки древесины хвойных пород. Для растворимых препаратов лигнина результаты вычислений хорошо согласуются с данными ¹³C ЯМР-спектроскопии в растворе. Результаты представлены в табл. 1. Можно заметить, что для лигнина Бьеркмана и лигнина Пеппера рассчитанные и экспериментальные значения очень близки между собой, особенно если учитывать ошибку определения связей. В табл. 1 приведены значения стандартного отклонения при определении содержания $OH_{фен}$, т.к. оно лежит в основе расчета содержания связей.

На экспериментальные значения содержания связей оказывают влияние параметры записи спектров ¹³C ЯМР, и, вероятно наиболее важный из них – отношение сигнал/шум. Вследствие относительно небольшого содержания обсуждаемых связей в щелочных лигнинах, отношение сигнал/шум на спектрах ¹³C ЯМР этих препаратов является очень низким. Не случайно поэтому различия

между рассчитанными и экспериментальными значениями для них выходят за рамки стандартного отклонения.

Таблица 1

Содержание фенольных гидроксиллов и связей Алкил-О-Арил в препаратах лигнина ели

Препарат	ОН _{фен}		Связи Алкил-О-Арил		
	ммоль/г	n/100 ФПЕ	ммоль/г	n/100 ФПЕ	n/100 Ar (ЯМР)
Нативный лигнин	0.73*	13*	4.34	79	–
Лигнин Фрейденберга	1.18	22±4	3.89	71	–
Лигнин Бьеркмана	1.75	32±3	3.32	61	64
Лигнин Пеппера	2.66	49±3	2.41	44	41
Натронный лигнин	3.13	57±4	1.94	36	42
Натронно-АХ** лигнин	3.78	69±2	1.29	24	26
Сульфатный лигнин	3.81	70±4	1.26	23	34
Сульфатно-АХ лигнин	3.90	71±3	1.17	22	34
Гидролизный лигнин	1.76	32±4	3.31	61	–

* – данные из работы [1], ** АХ – антрахинон

Дополнительную проверку правильности разработанного расчетно-аналитического метода определения связей Алкил-О-Арил проводили, суммируя рассчитанные значения содержания связей в растворенном и остаточном лигнине в ходе сульфатной варки древесины сосны. Содержание связей в растворенном и остаточном лигнине рассчитывали по формуле $93/100 \text{ ФПЕ} - \text{ОН}_{\text{фен}}/100 \text{ ФПЕ}$ при данной степени делигнификации. Данные о содержании $\text{ОН}_{\text{фен}}$ в растворенном и остаточном лигнине из работ [1, 2]. Очевидно, что в любой момент варки сумма обсуждаемых связей должна быть близкой к $\Sigma Q = 93/100 \text{ ФПЕ}$. Результаты представлены в табл. 2.

Обращают на себя внимание значительные отличия суммы связей Алкил-О-Арил от величины $93/100 \text{ ФПЕ}$ на начальной стадии варки ($A = 9.2 \%$). В ходе варки указанные отличия постепенно уменьшаются и на конечной стадии ($A = 91.6 \%$) составляют всего 4.3% от константы ΣQ . На наш взгляд наиболее вероятной причиной указанных отличий является образование в лигнине структур типа энолового эфира. Эта реакция подробно исследована в работе [3] и установлено, что при сульфатной варке древесины сосны содержание структур типа энолового эфира достигает максимума как в растворенном, так и в остаточном лигнине на стадии подъема температуры до 170°C , после чего оно резко уменьшается.

Таким образом, разработанный расчетно-аналитический метод позволяет относительно просто и с достаточно высокой точностью определять количественное содержание межъединичных связей Алкил-О-Арил в нативном лигнине (в древесине) и выделенных препаратах лигнина, как в растворимых, так и в нерастворимых. Впервые установлено, что нативный лигнин древесины хвойных пород (сосна, ель) содержит $79/100 \text{ ФПЕ}$ таких связей.

При выделении из древесины препаратов лигнина с использованием известных в настоящее время методов в большей или меньшей степени происходит деструкция связей Алкил-О-Арил. Наиболее близким нативному лигнину в этом смысле является лигнин Фрейденберга.

В условиях сульфатной варки древесины и других щелочных варок в нативном лигнине происходит деструкция большей части обсуждаемых связей с образованием фенольных гидроксильных групп, обеспечивающих растворимость продуктов деструкции. В растворенном лигнине сохраняется небольшое количество связей Алкил-О-Арил: 36/100 ФПЕ в натронном лигнине и в среднем 23/100 ФПЕ в натронно-АХ, сульфатном и сульфатно-АХ лигнинах. В остаточном лигнине, который представляет собой фракцию нативного лигнина с межъединичными связями, устойчивыми в условиях сульфатной варки, содержится 66/100 ФПЕ таких связей.

Таблица 2

Зависимость содержания связей Алкил-О-Арил (п/100 ФПЕ) от степени делигнификации в растворенном и остаточном лигнине при сульфатной варке древесины сосны

А, %	9.2	15.6	28.0	37.0	69.0	87.3	91.6
Растворенный лигнин	38	37	32	30	31	30	23
Остаточный лигнин	78	75	73	75	73	67	66
Сумма связей	116	112	105	105	104	97	89
Относительная ошибка, %	24.7	20.4	12.9	12.9	11.8	4.3	-4.3

Среди реакций нативного лигнина в жестких условиях кислотного гидролиза древесины доминируют реакции конденсации с образованием углерод-углеродных связей α -5 и α -6, которые в определенной мере «стабилизируют» смежные связи β -О-4 к расщеплению. Поэтому в сформированном в этих условиях гидролизном лигнине сохраняется относительно высокое содержание связей Алкил-О-Арил (61/100 ФПЕ).

ЛИТЕРАТУРА

1. Gellerstedt G., Lindfors E-L. Structural changes in lignin during kraft pulping. Part 4. Phenolic hydroxyl in wood and kraft pulps. Svensk Papperstidn. 1984. Vol. 87. No. 15. P. R115-R118.
2. Robert D.R., Bardet M., Gellerstedt G., Lindfors E-L. Structural changes in lignin during kraft cooking. Part 3. On the structure of dissolved lignins J. Wood Chem. Technol. 1984. Vol. 4. No. 3. P. 239-263.
3. Gellerstedt G., Lindfors E-L. On the formation of enol ether structures in lignin during kraft cooking. Nordic Pulp & Paper Research Journal. 1987. Vol. 2. No. 2. P. 71-75.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 14-13-00448.

СОСТАВ СВОБОДНЫХ И СВЯЗАННЫХ КИСЛОТ ПОБЕГОВ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ ВЕГЕТАЦИИ

Клейнайте А.Р., Самохина А.Н., Роцин В.И. kaf.chemdrev@mail.com

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ldb.) относится к лесообразующим породам Сибири и является единственным листопадным хвойным деревом в наших лесах, в связи с чем привлекает интерес к её изучению.

В сравнении с древесной зеленью других хвойных пород древесная зелень лиственницы сибирской изучена в меньшей степени. Целью настоящего исследования является изучение состава экстрактивных веществ побегов лиственницы сибирской.

В качестве объекта исследования была выбрана древесная часть побегов лиственницы сибирской летнего сбора, обесхвоенные побеги осеннего сбора и весенние обесхвоенные побеги.

При наработке экстракта для исследования применяли стандартную методику экстрагирования в аппарате Сокслета с последующей отгонкой растворителя на роторном испарителе. Для повышения выхода экстрактивных веществ проводили экстракцию ИП (изопропиловым спиртом) с последующей обработкой ПЭ (петролейным эфиром) для выделения неполярной группы – смолистых веществ. Вещества полученного экстракта разделили на свободные кислоты и нейтральные вещества обработкой 3% водным раствором NaOH.

Нейтральные вещества побегов летнего сбора разделяли методом колоночной хроматографии на ряд фракций, выделив при этом фракцию сложных эфиров и фракцию триглицеридов. Эти фракции омылили спиртовым раствором щелочи и разделили на связанные кислоты и неомыляемые вещества. При определении количества связанных кислот в побегах осеннего сбора проводили омыление непосредственно нейтральных веществ.

Фракции кислот анализировали с помощью хромато-масс-спектрометрии. Кислоты предварительно были прометилованы diazometаном.

Разделение метиловых эфиров кислот проводили на хромато-масс-спектрометре с газовым хроматографом 6850A, модели – G2629A с селективным масс-спектрометрическим детектором HP5973 Network, модели – G2577A фирмы “Agilent Technologies, Inc.” Энергия ионизации 70 эВ. Температура сепаратора 280°C, ионного источника 230°C. Колонка кварцевая HP-5MS 30000´0.25 мм со стационарной фазой (5% фенилметил-силоксан) толщиной 0,25 мкм. Температура колонки: от 150 до 280 со скоростью 5°C в минуту и 20 мин изотермы. Температура испарителя 280°C. - Скорость газа носителя (гелия) 1см³/мин. Дозируемый объем 0,1 мкл. Идентификацию полученных масс-спектров проводили сравнением их с масс-спектрами банка данных.

Выход экстрактивных веществ, извлекаемых ПЭ составил (% от а.с.с.): для побегов летнего сбора – 3,9; для побегов осеннего сбора – 10,2.

Выход экстрактивных веществ, извлекаемых ИП составил (% от а.с.с.): для побегов летнего сбора – 11,9; для побегов осеннего сбора – 19,4; для побегов весеннего сбора – 16,7.

Выход экстрактивных веществ из изопропанольного экстракта, растворимых в ПЭ составил (% от а.с.с.): для побегов летнего сбора - 4,3; для побегов осеннего сбора – 10,0; для побегов весеннего сбора – 6,9.

Установлен групповой состав смолистых веществ, извлеченных ПЭ из изопропанольного экстракта побегов различного сезона сбора. (табл. 1).

Таблица 1

Групповой состав смолистых веществ, извлеченных ПЭ из изопропанольного экстракта побегов различного сезона сбора (% от массы петролейного экстракта)

Экстрактивные вещества	Летний сбор	Осенний сбор	Весенний сбор
Свободные кислоты	48,0	51,8	61,1
Нейтральные вещества в том числе:	51,3	44,7	34,3
неомыляемые вещества	19,8	27,3	
связанные кислоты	28,1	14,6	

Определен состав свободных кислот для побегов всех представленных периодов вегетации, состав связанных кислот (продуктов гидролиза сложных эфиров и триглицеридов) для побегов летнего сбора и состав суммарной фракции связанных кислот для побегов осеннего сбора. Результаты представлены в табл. 2

Таблица 2

Состав свободных и связанных кислот побегов различного периода вегетации (% от массы фракции кислот)

Кислота	Летний сбор			Осенний сбор		Весенний сбор
	Свободные	Связанные (из сложных эфиров)	Связанные (из триглицеридов)	Свободные	Связанные	Свободные
Высшие жирные кислоты						
9-оксононановая	-	0,85	-	-	-	-
миристиновая	-	следы	следы	-	следы	-
пальмитиновая	2,07	5,10	10,88	-	-	1,29
14-метилгексадекановая	0,91	4,02	6,60	0,22	2,51	0,45
гептадекановая	-	-	0,27	-	следы	-
5,9,12 октадекатриеновая	0,67	20,41	7,97	0,21	-	0,56
6,9,12 октадекатриеновая	-	-	-	-	7,46	-
5,9 октадекадиеновая	-	2,65	4,72	следы	2,77	0,12
линолевая	1,80	43,51	20,92	0,57	15,31	2,38
олеиновая	1,40	7,28	25,03	0,63	16,20	1,75
стеариновая	0,60	0,62	1,43	0,09	0,54	0,13
5,11,14 эйкозатриеновая	-	0,87	1,20	-	1,35	-
6,11 эйкозодиеновая	-	-	0,98	-	-	-
арахиновая	0,51	0,84	0,41	0,35	2,83	0,46
генэйкозановая	-	1,45	-	-	-	-
октадекадиеновая	-	-	-	-	1,28	-
бегеновая	1,23	2,30	0,79	2,67	15,90	5,64
лигноцереновая	0,40	следы	0,65	1,71	7,30	1,73
Итого	9,59	89,9	96,31	6,45	73,45	14,51
Смоляные кислоты (% массы от фракции свободных кислот)						
коммуновая	2,55			0,04		1,00
сандараконимаровая	1,46			2,05		1,96
изопимаровая	30,36			18,16		32,26
дегидроабетиновая	14,32			15,63		16,29
абетиновая	15,84			9,06		4,56
15-ен-абетиновая	2,29			-		-
7-оксоабетиновая	1,79			-		3,11
Итого	68,61			44,94		59,18

Так же во фракции связанных кислот из побегов осеннего сбора идентифицировали гексакозановую (0,81% от фракции), октакозановую (0,21), триаконтановую (0,77) и дотриаконтановую (2,85) кислоты. Во фракциях связанных кислот смоляные кислоты отсутствуют.

Из данных таблицы 1 видно, что распределение экстрактивных веществ в побегах неравномерно в зависимости от вегетационного периода. Наибольшее количество свободных кислот наблюдается в весенних побегах, возможно, это связано с переходом кислот из триглицеридов в свободные кислоты. Так же наблюдается различия в связанных кислотах, возможно, их содержание увеличивается в связи с запасанием кислот в виде триглицеридов. Их количество в летних побегах почти в два раза выше, чем в осенних.

ПИРОЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ГИДРОЛИЗНЫХ ЛИГНИНОВ

Козлов И.А., Гриненко Е.В., Крутов С.М. ftaorgchem@yandex.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Пиролиз представляет собой перспективный способ переработки технических лигнинов с получением биотоплив, а также низкомолекулярных ароматических продуктов [1, 2].

В данной работе исследовали продукты пиролиза технического гидролизного лигнина различного происхождения.

Для исследований брали образцы гидролизного лигнина Кировского БХЗ и из отвалов Архангельского ГЗ. Предварительно образцы сушили при комнатной температуре и отсеивали от непровара. Для исследований использовали фракцию с размером частиц до 0,5 мм.

Навеску лигнина помещали в автоклав с присоединенным водным холодильником и колбой для сбора образующихся жидких продуктов. Нагрев автоклава производили до 460°C.

Температурный режим пиролиза приведен на рис. 1.

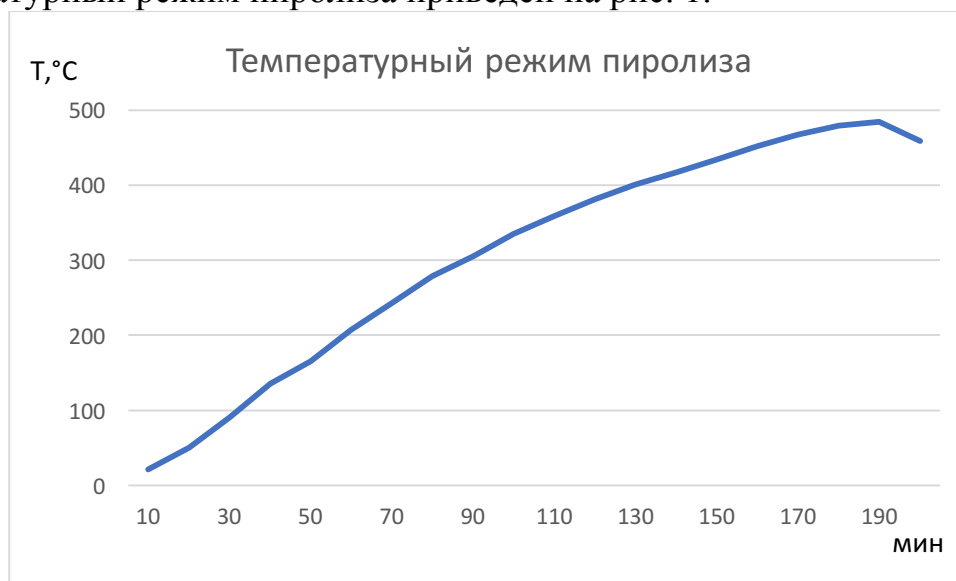


Рисунок 1. Температурный режим пиролиза гидролизного лигнина

Выход продуктов пиролиза гидролизного лигнина Кировского БХЗ составил: 22,64% газообразных продуктов, 25,10% жидких продуктов и 52,26% угля. Выходы продуктов лигнина Архангельского ГЗ составили близкие значения.

Жидкие продукты пиролиза анализировали методом хромато-масс-спектрометрии.

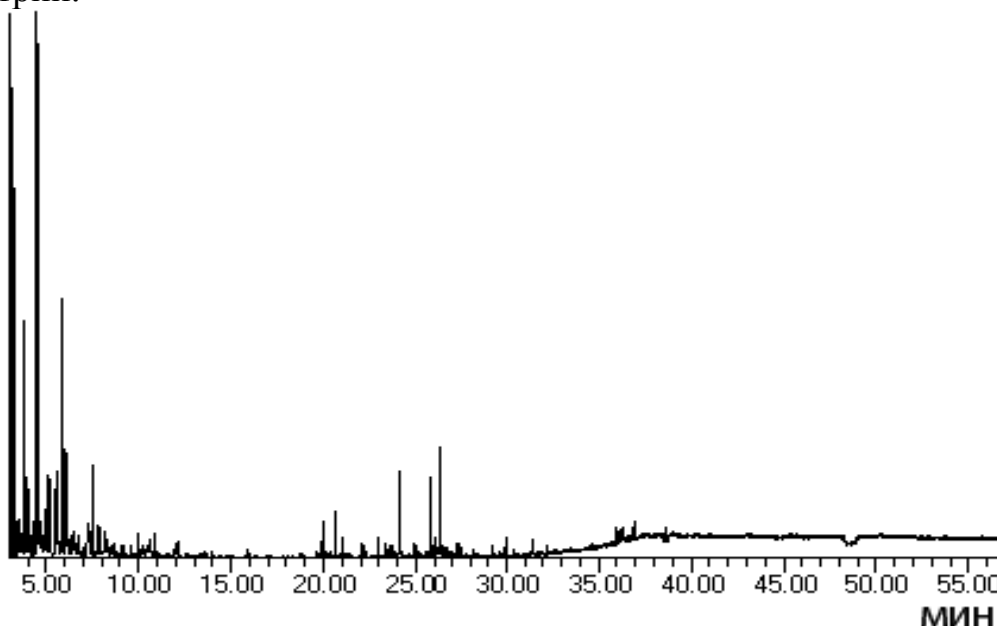


Рисунок 2. Хроматограмма продуктов пиролиза гидролизного лигнина

Преобладающими компонентами жидких продуктов пиролиза гидролизного лигнина были гваякол (3,21 мин), диметилфенол (3,84 мин), креозол (4,5 мин), этилгваякол (5,87 мин).

Таблица 1.

Результаты хромато-масс-спектрометрии продуктов пиролиза гидролизного лигнина Кировского БХЗ

Масс-спектр	Соединение
	<div style="text-align: center;"> <p>ОН гваякол</p> </div>

	<p>диметилфенол</p>
	<p>креозол</p>
	<p>ЭТЕНИЛГВЯКОЛ</p>

Таким образом, жидкие продукты пиролиза гидролизного лигнина содержат мономерные фенольные фрагменты с сильно деструктурированными пропановыми цепями.

Аналогичный анализ продуктов пиролиза лигнина из отвалов Архангельского ГЗ показал, что данный образец имеет те же продукты, что и при пиролизе лигнина Кировского БХЗ.

Выражаем благодарность Спицыну А.А. за помощь в проведении экспериментальных работ по пиролизу образцов лигнина

ЛИТЕРАТУРА

1. Куликов, К. В. Получение и исследование жидких биотоплив из биомассы дерева методом пиролиза/ К.В. Куликов, Литвинов В. В., Пиялкин, В. Н. Забелкин С. А. // Вестник Казанского технологического университета.-2012, 13.- С. 197-201

РАЗРАБОТКА ТИПОВЫХ ШАБЛОНОВ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ПЕЛЛЕТ

Конык О. А., k09101952@yandex.ru

Сыктывкарский лесной институт (филиал) ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова

По данным Министерства промышленности, природных ресурсов, энергетики и транспорта Республики Коми, масса ежегодно образуемых древесных отходов в муниципальных районах региона составляет 600—1 500 тыс. т [1].

Крупные предприятия, как правило, используют отходы производства (опилки, стружки, щепу) в качестве топлива в котельных для собственных нужд [2]. Малый бизнес большей частью вывозит их на нелегальные свалки или просто в лес, нарушая требования экологического законодательства. Промышленные полигоны для хранения древесных отходов в муниципальных районах практически отсутствуют.

Для эффективного использования имеющихся лесных ресурсов Правительством Республики Коми развивается важный сектор экономики — биоэнергетика. Сырьевой базой этого сектора будут брикеты и пеллеты, производимые различными предприятиями на базе древесных отходов.

Это позволит:

- улучшить экологическую ситуацию в регионе;
- повысить надежность предоставления коммунальных услуг;
- снизить затраты, в т. ч. бюджетные, на коммунальные услуги;
- создать новые рабочие места в секторе производства и использования биотоплива;
- увеличить экономическую эффективность функционирования лесоперерабатывающих и лесозаготовительных производств;
- повысить экономическую привлекательность лесохозяйственных мероприятий (рубок ухода).

Сегодня проблему утилизации древесных отходов в Республике Коми решают несколько предприятий: ООО «СевЛесПил», ООО «Фасад Плюс», ООО «ПечораЭнергоРесурс», ООО «Азимут», ООО «ТБ Усть-Кулом». В 2017 г. планируется организовать 11 площадок с местами размещения древесных отходов в различных муниципалитетах Республики Коми для создания новых предприятий [3].

В каждом муниципалитете объемы образующихся отходов будут различны, это потребует организации производств различной мощности с использованием различного оборудования, что повлияет на объемы финансовых средств, необходимых для реализации проектов. Экономическое обоснование каждого проекта может быть индивидуальным, но есть стандартные этапы, которые прослеживаются при реализации всех проектов (технология производства,

номенклатура оборудования, элементы экономического обоснования проекта, качество сырья, рынки сбыта), которые позволят создать типовые шаблоны получения пеллет и брикетов из древесного сырья в любом уголке России, где образуются древесные отходы.

В связи с вышесказанным, цель нашей работы заключалась в разработке типовых шаблонов малых предприятий по производству топливных пеллет на базе древесных отходов Республики Коми.

Предлагаемый типовой шаблон предусматривает технологическую линию в виде мини-завода, оснащенную оборудованием фирмы «Станкомашторг». Стоимость линии составляет 5,7 млн. рублей.

Основное оборудование пеллетного производства:

- дробилка сырья;
- сушилка сырья;
- измельчитель полуфабриката;
- дозатор влаги;
- смеситель;
- пресс — гранулятор;
- охладитель;
- упаковщик гранул;
- транспортер.

Технология производства состоит из нескольких этапов, которые сохраняются вне зависимости от объемов и масштабов производства.

1. *На первом этапе* осуществляется дробление сырья до крупности 2,5 мм. Скребокковым оборудованием масса подается на сушилку.

2. *На втором этапе* полученное сырье сушится до уровня влажности 7-12% в ленточных или барабанных сушилках. Оптимальная влажность на выходе составляет 10%.

3. *Третий этап* - измельчение полуфабриката до мелкой фракции на мельницах молоткового типа. Конечный диаметр частиц — 1,5 мм.

4. *На четвертом этапе* может возникнуть необходимость в повышении влаги, т.к. после измельчения произойдет снижение влаги до 8%, что не допустимо. Смачивание или водоподготовка массы горячим паром или водой осуществляется при помощи дозатора с постоянным перемешиванием в шнековых установках.

5. *Пятый этап* – прессование, в процессе которого получают спрессованные гранулы – пеллеты.

6. *На шестом этапе* осуществляют охлаждение гранул и дополнительную сушку, т.к. из пресса поступают гранулы с температурой до 90 °С. В аппарате охлаждения гранулы охлаждаются и теряют остатки влаги.

7. *На седьмом этапе* – гранулы подвергаются просеиванию и упаковке в пакеты по 20 кг.

Сырье и готовая продукция перемещается по цеху ленточными или шнековыми транспортерами.

Для размещения цеха необходимо, чтобы помещение соответствовало следующим требованиям:

- площадь не менее 150 кв.м. (цех и склад);

- высота потолков 10 м;
- электроэнергетическая линия на 380 кВт;
- удобный подъезд для грузового транспорта (доставка сырья и вывоз готовой продукции).

Капитальные вложения по предлагаемому варианту составят 6,9 млн. руб. Чистая прибыль – 223 тыс. руб. Окупаемость проекта 31 месяц.

При 3-х сменной работе численность работников составляет 14 человек.

За месяц (30 смен) будет произведено 420 т готовой продукции.

Оптовая цена за 1 т пеллет начинается от 4 000 рублей. Исходя из этой цены выручка предприятия составит 1,7 млн. рублей.

Себестоимость продукции составит 977 тыс. руб., а рентабельность производства - 13%.

Реализация пеллет предусматривается на внутренний рынок и за рубеж в скандинавские страны. Экспорт пеллет в скандинавские страны сегодня находится практически на уровне 900 тыс. в год.

Таким образом, древесные отходы, образующиеся на территории Республики Коми предлагается использовать в районах для производства пеллет - современного сырья для биоэнергетики. Для этого разработан один из типовых шаблонов малого предприятий по производству топливных пеллет. Капитальные вложения при использовании оборудования фирмы «Станкомашторг» по предлагаемому варианту составят 6,9 млн. руб. Окупаемость проекта 31 месяц. С подробным вариантом шаблона можно ознакомиться на кафедре «Охрана окружающей среды и техносферная безопасность» Сыктывкарского лесного института.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конык О.А., Шахова Т.В. Управление древесными отходами в Республике Коми / Методология развития региональной системы лесопользования в Республике Коми : сб. матер. науч. конф. Сыкт. лесн. ин-та (Сыктывкар, 30 нояб. 2011 г.). – Сыктывкар, 2012. – 1 электрон. опт. диск (CD—ROM). Рег. номер в ФГУП «Информрегистр» 0321202707. – С. 6.

2. Конык О.А., Шахова Т.В. Утилизация древесных отходов лесозаготовок в котельных установках / Юбилейные февральские чтения : сб. матер. науч.-практ. конф. профессорско-преподават. состава Сыкт. лесн. ин-та по итогам науч.-исследоват. работ в 2011 году (Сыктывкар, 20–22 февр. 2012 г.). – Сыктывкар, 2012. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - 128 Мб. Рег. номер в ФГУП «Информрегистр» 0321203335. – С. 7.

3. Методология и практика чистого производства (учебное пособие) / О.А.Конык, В.В. Жиделева, В.С.Пунгина и др. - Сыктывкарский лесной институт (филиал) ФГБОУ ВПО «С.-Петербург. гос. лесотехн. ун-т им. С. М. Кирова» (СЛИ). – Сыктывкар: СЛИ, 2015. - 195 с

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КАРБОНИЗАЦИИ ВОЛОКОН НА ОСНОВЕ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА И ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛА МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

С.М. Крутов, Е.В. Ипатова, ftaorgchem@yandex.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

О.Ю. Деркачева

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД

Ю.Н. Сазанов, Е.М. Куликова

Институт высокомолекулярных соединений РАН

Сополимеры на основе полиакрилонитрила (ПАН) и лигнина представляют интерес для производства углеродных волокнистых адсорбентов с применением разных методов [1-4].

Производство углеродных волокон включает в себя стадии приготовления формовочных растворов, плетение волокон-прекурсоров соответствующими методами, стабилизацию, карбонизацию и активацию.

Ключевой стадией, определяющей удельную поверхность углеродного материала и направления его использования, является карбонизация.

Целью данной работы является исследование влияния карбонизации на волокна на основе гидролизного лигнина и полиакрилонитрила методом ИК-спектроскопии.

Экспериментальная часть

В качестве исходного сырья для исследований использовали: технический гидролизный лигнин (ГЛК) Кировского БХЗ, полиакрилонитрил фирмы SigmaAldrich и диметилсульфоксид (ДМСО).

На основе исходных компонентов получены формовочные растворы и методом высаживания в воде сформованы волокна-прекурсоры. Соотношение ГЛ-ПАН 50:50 по массе.

Для получения углеродных материалов с высокоразвитой удельной поверхностью проводили карбонизацию волокон-прекурсоров в токе азота на установке Института Высокомолекулярных Соединений РАН.

Для определения процессов, происходящих в волокнах ГЛ-ПАН при карбонизации в диапазоне температур 25-300°C, были отобраны образцы волокон до и после нагрева до температур 100°C, 200°C, 300°C и проанализированы методом ИК-спектроскопии.

ИК-спектры с Фурье-преобразованием исследуемых образцов записаны на Фурье-спектрометре ФСМ-1201 (Инфраспек, Россия). Съёмку спектров, исследуемых образцов вели в запрессовке с KBr (приблизительно 1 мг исследуемого образца запрессовывался в 300 мг KBr). Управление прибором осуществлялось с помощью программы FSpec.

Результаты и обсуждение

ИК-спектры отобранных образцов волокон после карбонизации приведены на рис. 1.

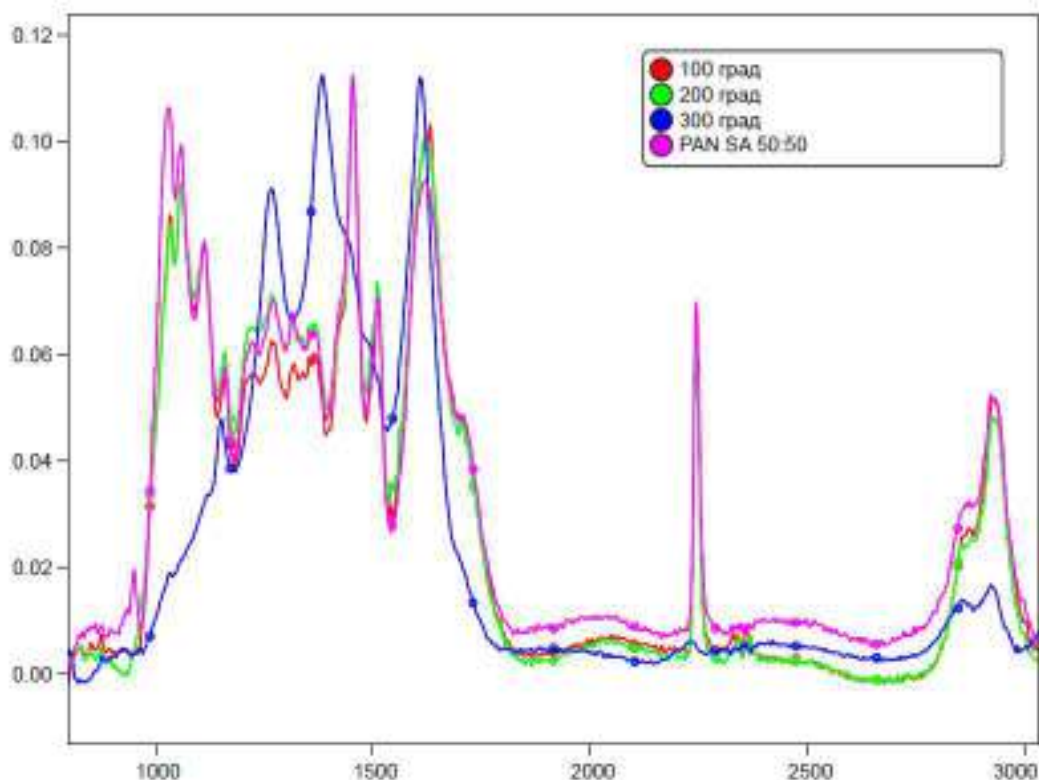


Рисунок 1. ИК-спектры волокон ГЛК:ПАН-SA 50:50 после до (init) и после нагрева до 100, 200, 300°C
 На основе данных ИК-спектроскопии проведен анализ относительного содержания характерных полос поглощения (табл. 3.3.1).

Таблица 3.3.1

Результаты ИК-спектроскопии волокон ГЛК_{микро}:ПАН-SA с соотношением 50:50 до и после нагрева до 100, 200, 300°C

Фрагмент	Частота поглощения, см ⁻¹	Относительное содержание, %*			
		Температура, °C			
		25	100	200	300
C≡N	2240	1,448	1,451	1,485	0,127
C-C в ароматическом кольце и C=N в кольце	1610	6,042	6,702,	6,841	9,752
C=C-C в ароматическом кольце	1510	1,282	1,213	1,361	0,153
C-H и OCH ₃ в ароматическом кольце	1030	1,341	0,678	0,63	0,112
Углеводы	1060	0,55	0,63	0,63	0,01

* содержание рассчитано относительно общей площади спектра

Результаты ИК-спектроскопии показали, что при 100 и 200 °C происходит уменьшение полосы при 1030 см⁻¹ при постоянной 1510 см⁻¹ показывает, что идет конденсация лигнина.

При 300°C почти полностью пропадает полоса при 2250 см⁻¹, которая соответствует нитрильной –CN группе, что связано с процессом циклизации ПАН.

При 300°C усиливаются полосы 1620, 1383, 1265 и 1150 см⁻¹, что свидетельствует об образовании ароматических колец, содержащих атом N.

Таким образом, при 300°C происходят процессы циклизации полиакрилонитрила, а также конденсации лигнина с образованием угля.

Приведенные результаты показывают необходимость стадии выдержки при 300°C при проведении карбонизации волокон на основе гидролизного лигнина и полиакрилонитрила для полного протекания реакций, происходящих при углеобразовании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грибанов, А. В. Потенциальная активность гидролизного лигнина в реакциях сополимеризации / А.В. Грибанов, Е.Е. Кевер, Е.М. Куликова, Ю. Н. Сазанов [и др.] // Журнал прикладной химии. - 2009, Т. 82, вып. 9. - С. 1493-1499;
2. Сазанов, Ю.Н. К вопросу о взаимодействии полиакрилонитрила с лигнином / Ю.Н. Сазанов, Е.В. Ипатова, С.М. Крутов, Е.М. Куликова // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия-. 2016.- № 2.- С. 164-169;
3. Rials D.A., Recent advances in low-cost carbon fiber manufacture from lignin / D.A. Rials, G. Timothy // Journal of Applied Polymer Science. – 2013. - V. 130. - P. 713-728;
4. Seydibeyolu, M. Novel partially biobased pan-lignin blend as a potential carbon fiber precursor // M.Seydibeyolu, A. Özgür / Journal of Biomedicine and Biotechnology.- 2012.- P.8

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ТЕРПЕНОИДНОМАЛЕИНОВЫХ АДДУКТОВ

Латышевич И.А., irinalatyshevitch@gmail.com, А. Ю. Ключев, Е. Д. Скаковский, Н. Г. Козлов

ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси»

Н. Р. Прокопчук

УО «Белорусский государственный технологический университет»

М.М. Огородникова

ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси»

Развитие лесохимической промышленности Республики Беларусь и стран ЕАЭС должно включать не только наращивание объёмов производства канифоли и скипидара, расширение областей их применения, но и осуществлять глубокую переработку сосновой живицы на новые продукты с комплексом полезных свойств для создания на их основе широкого спектра высокоэффективных и практически важных композиционных составов целенаправленного назначения.

Лесохимики прошлого века наработаны бесценные знания по получению, исследованию свойств и применению терпеноидномалеиновых аддуктов (ТДМА) и их производных [1]. Однако эти знания остаются не востребованными отечественной промышленностью.

ТДМА являются сложными многокомпонентными смесями, состав которых определяется видом сырья и условиями их получения [2–3]. Использование газожидкостной хроматографии (ГЖХ) применительно к ТДМА до настоящего времени ограничивалось только идентификацией отдельных метиловых эфиров ТДМА [4]. Содержащиеся дополнительно в КТМА и ТМА диаддукты не позволили сделать идентификацию химического состава аддуктов.

Поэтому целью настоящего исследования является анализ методами ЯМР-спектроскопии группового состава ТДМА: КТМА, КМА и ТМА.

Для синтеза ТДМА использовали терпентин, сосновую живичную канифоль и живичный скипидар.

Синтез аддуктов ТДМА проводили в трехгорлой колбе, снабженной мешалкой, обратным холодильником и термометром по методике [5]. По окончании синтеза аддукта обратный холодильник заменяли на прямой и отгоняли непрореагировавший скипидар и МА в вакууме ($P = 20$ мм рт. ст., $T = (190 \pm 2)^\circ\text{C}$, $\tau = 30$ мин.). Получаемый аддукт ТДМА представляет собой твердое стекловидное вещество светло-желтого цвета.

Используя полученные экспериментальные и расчетные данные, а также данные работ [6-8], был установлен состав ТДМА (ТМА, КТМА, КМА).

Для качественного и количественного определения состава компонентов КТМА, КМА и ТМА использован метод ЯМР-спектроскопии. Запись спектров ^1H и ^{13}C ЯМР проводилась на спектрометре AVANCE-500 (Германия) (500 МГц для ядер ^1H и 126 МГц – для ^{13}C в 5 мл стандартных ампулах) [6].

В табл. 1 приведены составы ТМА, КТМА и КМА, определенные методом ЯМР.

Таблица 1

Состав терпеноидномалеиновых аддуктов, определенный методом ЯМР-спектроскопии

Образец	Состав, мас.%						
	МП К	аддукты терпеновых углеводород ов с МА	общее содержан ие СК	смоляные кислоты			
				дегид- роабиетино вая	изопи- марова я	пима рова я	СК неус- тановленно го состава
ТМА	–	97,0	–	–	–	–	–
КТМА _{30/70}	24,3	70,0	5,7	2,0	1,2	1,4	1,1
КТМА _{40/60}	33,6	60,0	6,4	2,4	1,4	1,6	1,0
КТМА _{50/50}	40,4	50,0	9,6	3,5	2,2	3,0	0,9
КТМА _{60/40}	45,6	40,0	14,4	2,9	4,7	5,8	1,0
КТМА _{70/30}	51,9	30,0	18,1	3,7	6,2	7,4	0,8
КМА	80,0	–	20,0	–	–	–	–

Из данных табл. 1 следует, что с увеличением глубины модифицирования терпентина состава от 30/70 до 70/30 мас.% МА наблюдаются значительные изменения составов полученных КТМА. Так, содержание малеопимаровой кислоты (МПК) возрастает соответственно с 24,3 до 51,9 мас.%. Содержание ТМА понижается с 70 до 30 мас.%. Наблюдается увеличение общего содержания СК с 5,7 до 18,1 мас.%. В том числе содержание дегидроабиетиновой кислоты увеличивается с 2,0 до 3,7 мас.%, изоимаровой – с 1,2 до 6,2 мас.% и пимаровой кислоты – с 1,4 до 7,4 мас.%. При этом содержание СК не установленного состава составляет 0,8–1,1 мас.%.

Согласно литературным данным аддукты ТДМА [9-10] являются перспективными отвердителями эпоксидных смол и могут быть использованы в электротехнической промышленности для защиты изделий из меди, используемой в производстве.

На основе ТДМА были получены термоотверждаемые композиции, а затем лаковые покрытия, свойства которых приведены в табл. 2.

Согласно данным табл. 2 все ТДМА могут быть использованы для отверждения эпоксидных смол, однако это требует дальнейших исследований.

ТДМА представляют собой многокомпонентные системы.

Метод ЯМР-спектроскопии можно использовать для изучения состава ТДМА.

Показана возможность эффективного использования ТДМА в качестве отвердителей эпоксидных смол.

Таблица 2 Свойства термоотверждаемых композиций и лаковых покрытий

Свойства	Аддукты ТДМА						
	ТМА	КМА	КТМА _{30/70}	КТМА _{40/60}	КТМА _{50/50}	КТМА _{60/40}	КТМА _{70/30}
Термоотверждаемые композиции							
Концентрация композиции, %	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
Температура отверждения, °С	120±5	140±5	130±5	130±5	130±5	130±5	130±5
Время отверждения, мин.	40	40	40	40	40	40	40
Лаковые покрытия							
Внешний вид	Твердая глянцевая поверхность светло-коричневого цвета						
Эластичность	Эластично	То же	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
Растворимость	Не раств.	То же	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ключев А. Ю., Козлов Н. Г., Прокопчук Н. Р., Скаковский Е. Д., Латышевич И. А. // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. хім. навук. 2017. №1 С. 109-128.
- [2]. Зандерман В. Природные смолы, скипидары, талловое масло. М.: Лесная промышленность, 1964. 576 с.
- [3]. Ключев А. Ю., Скаковский Е. Д. // Журнал прикладной химии. 1997. Т. 71. Вып. 12. С. 2056 – 2060.
- [4]. Ударов Б. Г., Ключев А. Ю., Бей М. П. // Журнал прикладной химии. 2002. Т. 75, Вып. 11. С. 1889 – 1891.
- [5]. Ключев, А. Ю., Шляшинский Р. Г. // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. хім. навук. 1995. № 4. С. 96 – 101.
- [6]. Скаковский Е.Д., Тычинская Л.Ю., Гайдукевич О.А., Козлов Н.Г., Ключев А.Ю., Ламоткин С.А., Шпак С.И., Рыков С.В. // Журнал прикладной спектроскопии. 2008. Т. 75. № 3. С. 411–415.
- [7]. Бей М. П., Ювченко А. П. // Журнал органической химии. 2010. Т. 80, Вып. 2. С. 228 – 232.
- [8]. ЯМР-спектроскопия в органической химии / под ред. Б. А. Ершова. М.: Химия, 1983. 272 с.
- [9] Ключев А. Ю., Шляшинский Р. Г. // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. хім. навук. 1996. № 2. С. 100–104.
- [10] Прокопчук Н.Р., Ключев А.Ю., Козлов Н.Г., Латышевич И.А. // Труды БГТУ. Химия, технология органических веществ и биотехнология. 2016. № 4 (186). С. 87-100.

БИОЭНЕРГЕТИКА В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ И ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (ЦБП)

Мандре Ю.Г. ymandre@mail.ru, Аким Э.Л., akim-ed@mail.ru

Высшая Школа Технологии и Энергетики Санкт-Петербургского Государственного Университета промышленных Технологий и Дизайна

Биоэнергетика - это производство энергии (тепловой и/или электрической) из возобновляемых биоресурсов. Из всех отраслей промышленности ЦБП, как часть Лесного Комплекса, наиболее близко подошла к возможности полного обеспечения технологических нужд в тепловой и электрической энергии за счёт использования возобновляемого биоресурса в виде отходов собственного производства. При правильной организации и планировании развития лесного комплекса (реконструкция существующих предприятий и строительство новых) не потребуются подключения к существующим источникам производства тепла и электроэнергии (ТЭЦ, Высоковольтным ЛЭП, газопроводам и т.п.), вырабатывающим энергию из ископаемых топлив. Однако сложившаяся в России модель лесопользования и степень не комплексности использования биомассы леса сегодня приводит к тому, что значительная часть биомассы не используется, снижается добавленная стоимость от переработки заготовленного леса, ухудшается экология в районах интенсивной лесохозяйственной деятельности.

На рисунке 1 представлена обобщённая схема направления использования заготовленного леса. Для рассмотрения взяты усреднённые данные о составе леса и возможном квалифицированном использовании заготовленного леса. Следует сразу оговориться, что оптимальный породный состав и качество древесины (соотношение хвойных и лиственных пород) сегодня в России можно встретить только в некоторых регионах, в основном в ненарушенных лесных массивах. Так же, в зависимости от региона, могут значительно отличаться и соотношения объёмов древесины, пригодной для механической и химической переработки. Из схемы видно, что при условии, что весь пиловочник подвергается переработке, балансы (хвойные и лиственные) перерабатываются в целлюлозу, а отходы механической переработки и производства щепы используются для производства щепы и в качестве топлива, объём используемой в производстве древесины может составлять 77% от древесины, произрастающей в лесу. Из схемы так же видно, что при полной механической переработке пригодной для этого древесины (пиловочник, фанерный кряж) в готовую продукцию переходит всего 20%.

Для химической переработки имеется 43% от древесины, произрастающей в лесу, 20% от неё переходит в готовую продукцию, а 23% в виде щёлока на сжигание и регенерацию химикатов и 3% опилок используются в качестве топлива, для обеспечения энерго-потребности целлюлозного производства и предприятий механической переработки (в случае их расположения рядом).

В Советском Союзе при строительстве последних крупных производств по переработке леса придерживались принципов комплексного использования лесных ресурсов. Это означало, что предприятие должно представлять из себя

лесопромышленный комплекс, в котором имеются производства, перерабатывающие в готовую продукцию всю, доставляемую на общую площадку древесину, а все отходы механической и химической переработки используются для обеспечения промышленной площадки теплом и электроэнергией.

На сегодняшний день этот принцип (в современном языке он называется био-рефайнингом) не выдерживается даже на предприятиях, которые проектировались для комплексной переработки всей древесины окружающих лесов. Из схемы на рисунке так же видно, что в продукцию первого передела (механическая переработка) переходит 20% древесины из леса. 16,5% – пиломатериалы, 3,5% – фанера. В то время как при химической переработке в продукцию переходит – 46,3%, 20% - целлюлоза, 23,3 % – энергия. Реальная картина в большинстве лесных регионах намного хуже.

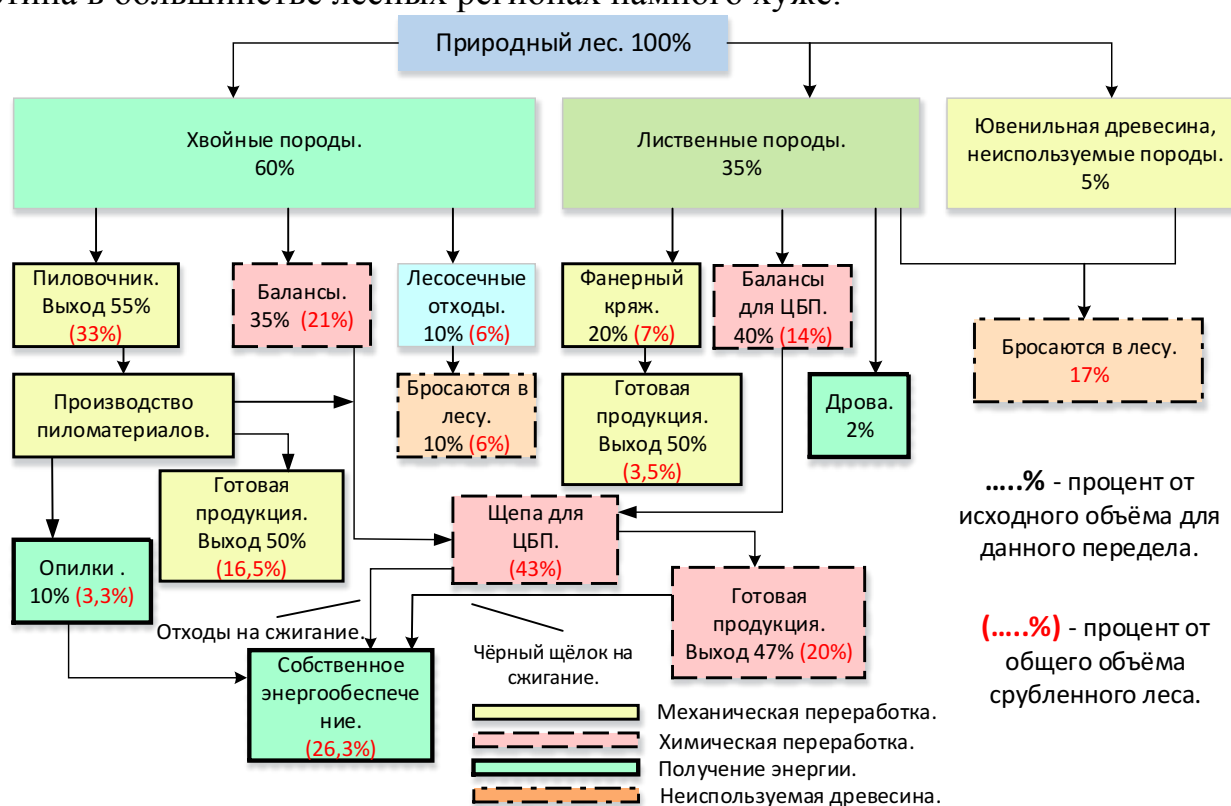


Рис.1 Обобщённая схема переработки древесины, заготовленной в малонарушенных лесных территориях Сибири, Дальнего Востока и Северо-Запада.

Во-первых, только часть пиловочника перерабатывается рядом с местом заготовки, а значительная его часть вывозится. Если предприятие по производству пиломатериалов находится в стороне от потребителей отходов лесопильного производства (щепа и опилки) то не менее 50% от сырья оказывается в отходах, не приносящих ни какого дохода и приводящих к проблемам экологии и повышенной пожаро-опасности.

Во-вторых, в России только несколько крупных лесопромышленных комплексов, которые перерабатывают объёмы низкосортного сырья (балансы, лиственные породы), близкие по объёмам с отгрузкой пиловочника механической переработки в регионе заготовки. Практически во всех лесных

регионах существует огромный дисбаланс между объемами заготовленного леса и объемом готовой продукции в виде пиломатериалов, товарного круглого леса и плитной продукции. Исключением может быть Западная Сибирь, где расположены Братский и Усть-Илимский Лесопромышленные комплексы, и Северо-Запада, где расположены Котласский, Архангельский и Сыктывкарский Лесопромышленные комплексы.

В результате (в соответствии с балансом, представленным в схеме) до 80% заготовленного леса не используется в промышленном производстве. Из-за очень низкой прибыльности не комплексной переработки биомассы леса и значительными объемами вырубки, практически не хватает денег на лесовосстановления, на нормальный уход за лесом, растет радиус заготовок и оказывается очень высокой удельная длина (а значит и удельная стоимость) лесных дорог. Стоимость перевозки низкосортной части заготовленного леса, для целей использования в качестве биотоплива, постоянно увеличивается и оказывается выше возможной цены продажи. Практика присвоения статуса «приоритетного проекта», со всеми полагающимися при этом льготами, при строительстве примитивных лесопилок приводит только к углублению проблем. В результате круг замыкается. Из леса забирается только незначительная часть (пиловочник), а остальная древесина бросается в лесу, приводя к пожарам, развитию паразитов и т.п.

Таким образом, можно говорить о переходе от сложившейся в прошлом веке, (в условиях низких цен на энергоносители и транспорт, меньшей остроте глобальных экологических проблем), к строительству новых ЛПК и реконструкции предприятий ЦБП в условиях новых реалий. Такой путь не потребует использования ископаемых видов топлива и подключения к внешним источникам производства тепла и электроэнергии.

ГРУППОВОЙ СОСТАВ ЭКСТРАКТОВ ИЗ МУЖСКИХ ГЕНЕРАТИВНЫХ МИКРОСТРОБИЛОВ И ЖЕНСКИХ ГЕНЕРАТИВНЫХ ПОБЕГОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ.

Д.Н. Мань, daonguyenmanh0209@gmail.com, В. И. Роцин.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Представлены результаты исследования мужских генеративных микростробилов (МГМ) и женских генеративных побегов (ЖГП) начала вегетации сосны обыкновенной, отобранных в Выборгском лесхозе Ленинградской области 25 апреля 2016 года. Определены характеристики исходного сырья по химическому составу структурных компонентов и содержанию экстрактивных веществ, извлекаемых различными экстрагентами, групповые составы экстрактивных веществ, растворимых в петролейном эфире (ПЭ).

Сосна (*Pinus*) — занимает около 1/6 площади всех лесов России. Наиболее распространена сосна обыкновенная (*P. sylvestris*); выделяется сосна крымская (*P. taurica*), древесина которой отличается высокой смолопродуктивностью. Древесина сосны стойка против гниения, хорошо обрабатывается, используется

в строительстве, машиностроении, мебельном производстве, на железнодорожном транспорте, в тарном производстве, для крепления горных выработок, как сырье для химической переработки с целью получения целлюлозы, кормовых дрожжей [1].

Общеизвестным фактом является то, что древесная зелень хвойных деревьев чрезвычайно богата биологически активными веществами. [2] Существуют определенные сложности для промышленной переработки древесной зелени сосны обыкновенной в начале вегетации. Получаемые продукты из древесной зелени в этот период времени не соответствуют нормативным показателям. Состав генеративных почек сосны обыкновенной изучен недостаточно.

Цель данного исследования – определение химического и группового составов экстрактивных веществ растворимых в ПЭ МГМ и ЖГП из ювенильных частей кроны сосны обыкновенной.

Ботанический вид отобранных образцов древесной зелени подтвержден кафедрой ботаники и дендрологии СПбГЛТУ им. С.М. Кирова.

Образцы срезали ножом с веток деревьев в виде “коронки”, в которой вокруг центральной почки, расположены микростробилы. Цвет МГМ снаружи розовато-бурый, в изломе зеленый или бурый, запах ароматный, смолистый, вкус горьковатый. ЖГП диаметром 5-7 мм собраны на высоте около 15м от уровня почвы, начиная с нижнего яруса ветвей и выше.

Сырье характеризовали по содержанию влаги методом высушивания при 105 °С, содержание экстрактивных веществ (ЭВ) определили путем параллельных экстракций отдельных частей исходного сырья различными растворителями в аппаратах Сокслета емкостью 50 мл при температуре кипения растворителя. В качестве экстрагентов использовали: пропап-2-ол (изопропиловый спирт, ИП), петролейный эфир (пределы кипения 40-70 °С; ПЭ), диэтиловый эфир (ДЭ), этилацетат (ЭА), горячая вода (таблица 1). Содержание целлюлозы определили азотно-спиртовым методом, лигнина – серно-кислотным [3].

ЭВ нарабатывали путем экстракции измельченного сырья ИП в аппарате Сокслета емкостью 1,0 л в течение 8 ч. ИП удаляли под вакуумом. Концентрированный экстракт разбавляли водой в соотношении 1 : 1 и последовательно трехкратно экстрагировали растворителями различной полярности при соотношении экстракт - растворитель 1:1:

- ПЭ – для извлечения терпеноидов и липидов;
- ДЭ - для извлечения фенольных соединений (ФС);
- ЭА - для выделения полярных ФС и их гликозидов.

Последовательную экстракцию растворителями проводили при температуре ниже температуры кипения растворителя на 5-10 °С. Схема наработки ЭВ изображена на рисунке, результаты разделения веществ извлеченных из сырья ИП – в таблице 1.

Экстрактивные вещества, растворимые в ПЭ, разделили на группы веществ по кислотно-щелочной схеме [4].

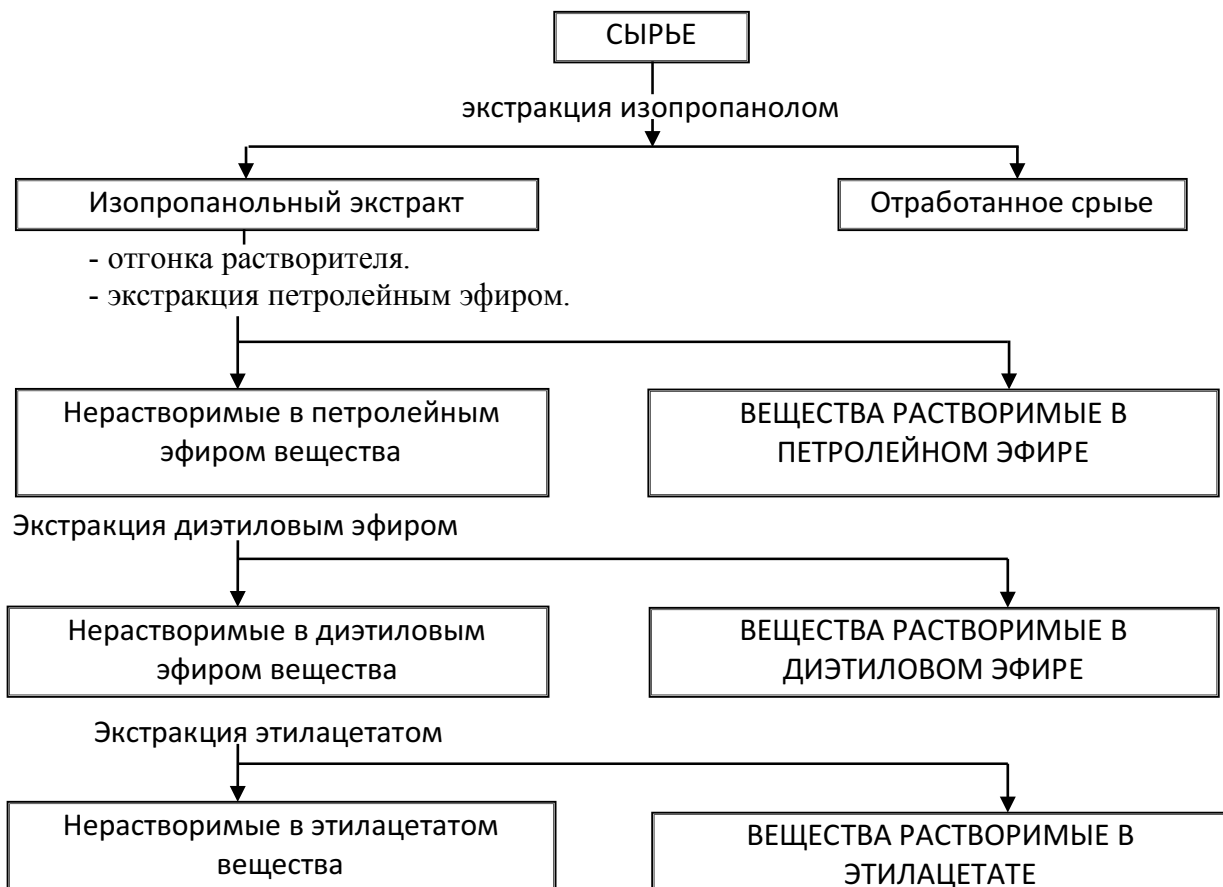


Рисунок. Схема разделения изопропанольных экстрактов элементов ДЗ растворителями возрастающей полярности

Влажность сырья составила: 61.36% - для МГМ. 73.50% - для ЖГП. Образцы разных частей генеративных органов характеризовали по содержанию ЭВ, растворимых в различных растворителях (табл. 1).

Таблица 1
Содержание экстрактивных веществ в различных частях сосны (в % от массы сухого сырья)

Группы соединений	Содержание	
	МГМ	ЖГП
петролейный эфир	10.5	14.2
диэтиловый эфир	15.4	15.0
этилацетат	32.9	19.2
изопропиловый спирт	47.7	29.3
Горячая вода	12.1	18.9
целлюлоза	Не определяли	27.5
Лигниноподобные вещества	Не определяли	30.5

Сравнение содержания экстрактивных веществ извлекаемых углеводородным экстрагентом из хвои (13-15% здесь и далее от сухого сырья) и побегов (8-9%) сосны и генеративных органов показывает близкие результаты. Близки результаты и по содержанию веществ, извлекаемых диэтиловым эфиром (около 22% и 13-14% соответственно). МГМ и ЖГМ содержат значительно больше экстрактивных веществ, растворимых в полярных экстрагентах-ЭА и ИП, чем хвоя (10-12 и 30-34% соответственно) и побеги – (8-10 и 26-29%) [2,5].

Выделенные из ИП экстракта вещества, растворимые в ПЭ разделили на группы соединений (табл. 2).

Групповой состав ЭВ из разных ювенильных частей кроны значительно различается. Экстракты ЖГП и МГМ в основном состоят из свободных кислот. Содержание нейтральных соединений выше в МГМ, чем в ЖГП. При

одинаковом содержании неомыляемых веществ, в МГМ в два раза выше содержание связанных кислот. Можно предположить, что нейтральные компоненты МГМ в основном состоят из сложных эфиров, доля которых в нейтральных веществах ЖГП значительно ниже.

Таблица 2

Групповой состав экстрактивных веществ, растворимых в ПЭ (% от массы ПЭ экстракта).

Группы соединений	МГМ	ЖГП
Свободные кислоты	49.7	59.9
Нейтральные вещества	44.9	37.5
в том числе:		
неомыляемые вещества	29.04	29.62
связанные кислоты	15.43	6.7

ЛИТЕРАТУРА

1. География [Электронный ресурс]: режим доступа.: <https://geographyofrussia.com/bioraznoobrazie-drevesnyx-i-drevovidnyx-rastenij/>
2. Васильев С. Н., Роцин В. И., Выродов В. А. Состав экстрактивных веществ сосны обыкновенной.
3. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. М., 1991.320 с.
4. Роцин В.И., Баранова Р.А, Белозерских О.А, Соловьев В.А Состав экстрактивных веществ хвои и побегов ели европейской // Химия древесины. 1983. №4. С. 56-61.
5. Колодынская Л.А. Разина Н.Ю. Роцин В.И.. Соловьев В.А. О различии в групповом составе экстрактивных веществ хвои и побегов сосны обыкновенной // Химия древесины. 1984. №5. С. 74-78.

СПИРТЫ И КИСЛОТЫ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ И ТРИГЛИЦЕРИДОВ ХВОИ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ

Миксон Д.С., Роцин В.И., ms.mikson@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Объектом настоящего исследования являлась хвоя лиственницы сибирской, отобранная в июле месяце с одного дерева восточнее г.Томска в Турунтаевском лесничестве. Ранее уже сообщались сведения о характеристиках исследуемого сырья, а именно химический состав хвои [2] и состав свободных и «связанных» кислот [3]. Нарработку экстрактивных веществ проводили по стандартной методике в аппарате Сокслета [4], в качестве экстрагента использовали пропан-2-ол (ИП), с последующим выделением из ИП-экстракта петролейным эфиром (ПЭ) неполярной группы смолистых веществ. Вещества ИП-экстракта, растворимые в ПЭ, характеризовали разделением их на группы веществ : нейтральные вещества и свободные кислоты по кислотно-щелочной схеме [1]. Нейтральные вещества хвои (92,2г) хроматографировали на колонке с использованием в качестве сорбента фирмы «Merck» 40-60 мкм, элюент – петролейный эфир, петролейный эфир с возрастающей добавкой диэтилового эфира (ДЭ) от 2 до 50 %, ДЭ (100%) и этанол. Фракцию сложных эфиров элюировали из хроматографической колонки смесью ПЭ и ДЭ при добавке ДЭ от 1 до 4%, а фракцию триглицеридов - при добавке ДЭ от 7 до 15%. Контроль

за хроматографическим разделением осуществляли методом тонкослойной хроматографии. Фракция триглицеридов имела значение R_f на ТСХ одинаковое со значением R_f на ТСХ триглицеридов, выделенных из растительного подсолнечного масла. Фракции сложных эфиров (34,1% от нейтральных веществ) и триглицеридов (11,4% от нейтральных веществ) подвергли щелочному гидролизу 0,5М КОН в этаноле, разделили на группы веществ [4], которые представляли собой неомыляемые вещества (вещества, не растворимые в спиртовом растворе щелочи) и «связанные» кислоты.

Неомыляемые вещества сложных эфиров составили 70,7% от фракции сложных эфиров, «связанные» кислоты – 6,4%, нонакозанол-10-18,4%. Нонакозанол-10 идентифицирован по масс-спектрам и структура подтверждена ЯМР-спектрами ^1H и ^{13}C . Неомыляемые вещества фракции сложных эфиров хроматографировали на колонке на фракции (таблица 1), где в качестве сорбента использовали силикагель, в качестве элюента – пентан, ПЭ с добавкой ДЭ от 1 до 50%, в конце 100% ИП. Для выделения индивидуальных соединений (тритерпеновых спиртов) соответствующие фракции ацетилювали и повторно хроматографировали на силикагеле, импрегнированном 5% AgNO_3 .

Для анализа использовали хромато-масс-спектрометр с газовым хроматографом «Agilent Technologies 6850A» и квадрупольным масс-спектрометром «Agilent Technologies 5973N», стандартная кварцевая капиллярная колонка HP-5MS длиной 25 мм и внутренним диаметром 0,25 мм, нагрев термостата от 100 до 280 °С со скоростью 5 °С/мин., для метиловых эфиров кислот - от 150 до 280 °С со скоростью 5 °С/мин.. Идентификацию проводили сравнением масс-спектров полученных на хроматограмме пиков соединений с масс-спектрами банка данных NIST 0.5.L. и WILEY 275.L.. ЯМР-спектры записаны на приборе «JEOL JNM- ECX400A» (399.9 МГц) в растворе CDCl_3 , δ шкала.

На долю неомыляемых веществ триглицеридов приходится 60,0% и на долю «связанных» кислот -26,15%.

В неомыляемой части триглицеридов идентифицированы изолонгифолол (3,4% - здесь и далее % от массы фракции триглицеридов), фитол (1,7%), гептакозанол-10 (5,5%), нонакозанол-10 (62,4%), α -токоферол (16,6%).

«Связанные» кислоты метилировали диазометаном и идентифицировали методом хроматомасс-спектрометрии. Состав кислот приведен в таблице 2.

Среди полученных результатов следует, что впервые была выделена группа полипренолов из хвои лиственницы сибирской, которая составила 57,2% от неомыляемых веществ сложных эфиров. Были выделены индивидуальные фитостерины – промежуточные соединения в схеме биосинтеза β -ситостерина, на основании которых можно предположить синтез стеринов в хвое лиственницы. Помимо основного компонента алифатического спирта - нонакозанола-10 присутствует и гептакозанол-10, который был идентифицирован во фракции триглицеридов. В составе кислот преобладают ненасыщенные С-16, С-18 кислоты.

Таблица 1

Компонентный состав неомыляемых веществ фракции сложных эфиров.

Компонент	Содержание, % от неомыляемых веществ	Примечание
Манойлоксид	0,10	ХМС**
Эпиманойлоксид	0,02	ХМС
β-Фенхол	Следы*	ХМС
1-Октанол	0,07	ХМС
α-Терпинеол	0,08	ХМС
(цис)-4-Децен-1-ол	0,05	ХМС
1-Деканол	0,12	ХМС
Додеканол	0,36	ХМС
Борнеол	Следы	ХМС
Фитол	6,18	ХМС
α-Бизаболол	Следы	ХМС
Сандаракопимариналь	0,30	ХМС
Дегидроабьетиналь	0,23	ХМС
3-кето-Изопимарадиен	0,25	ХМС
Октакозанол	0,70	ХМС
Эйкозанол	0,33	ХМС
Метилдегидроабьетат	0,26	ХМС
Метилабьетат	0,07	ХМС
Полипренолы	57,20	ХМС, ЯМР ¹ H, ¹³ C
Циклоартенол	6,82	ХМС, ЯМР ¹ H, ¹³ C
Циклоэвкаленол	0,09	ХМС, ЯМР ¹ H
24-Метиленициклоартанол	6,75	ХМС, ЯМР ¹ H, ¹³ C
Цитрастadiensол	7,69	ХМС, ЯМР ¹ H, ¹³ C
Метиллофенол	1,84	ХМС, ЯМР ¹ H
β-Ситостерин	7,18	ХМС, ЯМР ¹ H, ¹³ C
Кампестерин	0,33	ХМС, ЯМР ¹ H, ¹³ C

*содержание менее 0,01%;** -хроматомасс-спектрометрия

Таблица 2

Состав «связанных» кислот фракций сложных эфиров и триглицеридов.

Кислота	Содержание, % от фракции кислот	
	Сложных эфиров	Триглицеридов
Додекановая	следы	-
Тетрадекановая	4,43	0,82
9-Гексадеценная	-	3,41
Гексадекановая	14,70	8,65
14-метилпальмитиновая	следы	-
6,9,12-Октадекатриеновая	7,68	1,37
Линолевая	25,66	18,96
Линоленовая	36,91	32,31
Олеиновая	-	27,15
Стеариновая	1,88	0,02
5,11,14-Эйкозатриеновая	5,70	1,33
Эйкозановая	следы	0,36
Докозановая	следы	0,43
Тетракозановая	2,02	0,78
Не идентифицирована	следы	0,90
Гексакозановая	следы	0,61
Не идентифицирована	0,80	0,50
Октакозановая	следы	0,55
Триэйконтановая	следы	1,61

*содержание менее 0,01%

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяченко Л.Г., Рошин В.И., Ковалёв В.Е. Нейтральные соединения экстрактивных веществ *Larix gmelini*- Химия природных соединений, 1986.-№1.-С.56-63
2. Миксон Д.С., Рошин В.И. Состав свободных и «связанных» кислот из хвои лиственницы сибирской // Леса России: политика, промышленность, наука, образование / материалы научно-технической конференции. Том 2 / Под. ред. В.М. Гедьо.– СПб.: СПбГЛТУ, 2016, с. 35-38.
3. Миксон Д.С., Рошин В.И. Состав сложных эфиров экстрактивных веществ хвои лиственницы сибирской // Актуальные проблемы лесного комплекса/Под общей редакцией Е.А. Памфилова. Сборник научных трудов. Выпуск 43.-Брянск:БГИТУ, 2015, с. 101-106.
4. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. М.: Экология, 1991. С.75-164.

БЕТУЛИНОВАЯ И ОЛЕАНОЛОВАЯ КИСЛОТЫ В КОРКАХ БЕРЕЗ

Остроухова А.С., Сметана Е.В., Ведерников Д.Н. dimitriy-4@yandex.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

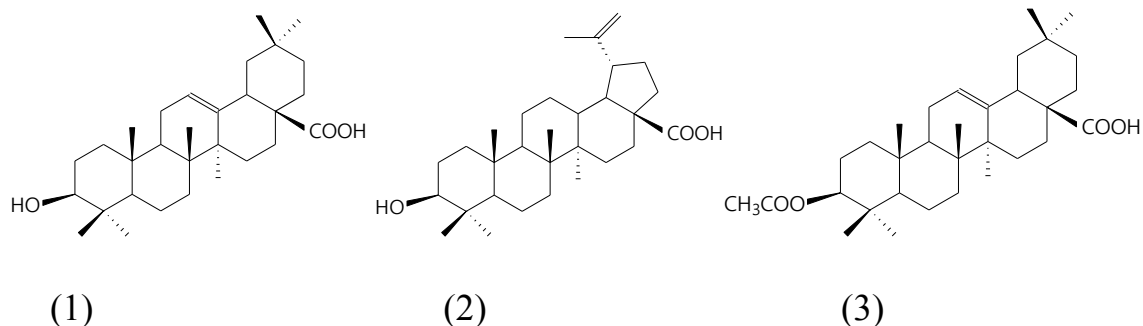
Шемякина А.В. ashem777@mail.ru

Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства

Тритерпеновая олеаноловая кислота (1) обладает противораковыми, антидиабетическими, противовоспалительными, противоостеопорозными, антипсориазными, гепатопротекторными, гиполипидемическими свойствами [1]. Олеаноловую кислоту получают из оливкового масла. Содержание составляет менее 0,1%.

Бетулиновая кислота (2) проявляет анти-раковую активность, антибактериальные, противомаларийные, противовоспалительные, антигельминтные, антиноцицептивные, анти-HSV-1 свойства, ингибирует вирус иммунодефицита человека (ВИЧ). Кислоту можно получать из следующих растений *Ziziphus mauritiana*, *Prunella vulgaris*, *Triphyophyllum peltatum*, *Ancistrocladus heyneanus*, *Diospyros leucomelas*, *Tetracera boiviniana*, *Syzygium formosanum*, *Pseudocycdonia sinensis*, *Chaenomeles sinensis*, *Pulsatilla chinensis* и синтезировать из бетулина корки белоствольных берез. Синтез обычно занимает три или более стадий с выходом максимальным бетулиновой кислоты ниже 55%.

Бетулиновая и олеаноловая кислоты содержатся в бересте березы повислой. Содержание бетулиновой около 0,3% от бересты, олеаноловой – 0,06%. При этом содержание бетулина – 22% и тритерпеновый спирт мешает выделению кислот. Значительно больше относительное содержание олеаноловой кислоты в корке веток березы повислой, но отделение корки веток от луба и древесины на данный момент не представляется осуществимым. Поэтому экстрагировать приходится измельченные ветки целиком. Последовательная экстракция веток раненой березы изопропиловым спиртом и петролейным эфиром приводит к выделению кислот с выходом 0,2% от а.с. веток. Олеаноловая кислота в основном содержится в виде ацетата (3). Сумма ацетата олеаноловой кислоты и свободной олеаноловой кислоты немного превышает количество бетулиновой кислоты.



Оказалось, что значительно больше этих трех кислот содержится в молодой коре раненой березы. Такая кора образуется после снятия бересты в последующий период времени под отмирающим лубом. Сбор бересты обычно осуществляется заготовщиками бересты для плетения с деревьев диаметр ствола которых у основания -15-25 см. Экстракция коры раненой березы петролейным эфиром приводит к следующему выходу тритерпеновых кислот - 1,4% при общем содержании экстрактивных веществ - 2,4%. Соотношение кислот примерно равно соотношению кислот в коре веток.

Еще более перспективной выглядит переработка дальневосточных видов берез. В коре березы маньчжурской относительное содержание в эфирном экстракте: олеаноловой кислоты – 12, бетулиновой кислоты – 29, ацетата олеаноловой кислоты – 15, бетулина – 37%, а в коре березы даурской бетулин вообще отсутствует, а содержание ацетата олеановой кислоты – около 60%, самой олеаноловой кислоты – 30%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lin C., Wen X., Sun H. Oleanolic acid derivatives for pharmaceutical use: a patent review.// Expert Opin Ther Pat. 2016. 26(6). P.643-55.
2. Mansour Ghaffari Moghaddam, Faujan Bin H. Ahmad, Alireza Samzadeh-Kermani Biological Activity of Betulinic Acid: A Review // Pharmacology & Pharmacy.2012. 3. p.119-123.
3. Ведерников Д.Н., Рошин В.И. Состав жирных и тритерпеновых кислот углеводородного экстракта из бересты *Betula pendula* Roth. // Растительные ресурсы. 2008. Т.44. Вып.3. С.75-82.

ЛИГНО-ОРГАНОПЛАСТИКИ НА ОСНОВЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ЛИГНИНОВ: ГИДРОЛИЗНОГО И СУЛЬФАТНОГО ЛИГНИНОВ

Пименов С.Д., Крутов С.М., Ипатова Е.В., ftaorgchem@yandex.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Юдин В.Е., Ваганов Г.В.

Институт высокомолекулярных соединений РАН

Органопластики – композиты, основой которых служат органические и синтетические материалы. В термореактивных органопластиках матрицей служат, как правило, эпоксидные, полиэфирные и фенольные смолы, а также полиимиды [1].

Содержание органических компонентов в органопластиках на основе термопластичных полимеров – полиэтилена, поливинилхлорида, полиуретана и т. п. – варьируется пределах – от 2 до 70% [1].

Органопластики обладают низкой плотностью, относительно высокой прочностью при растяжении; высоким сопротивлением удару и динамическим нагрузкам, но в то же время низкой прочностью при сжатии и изгибе.

Представляется перспективным получение лигно-органопластиков на основе отходов переработки биомассы дерева – технических лигнинов: гидролизных, сульфатных и лигносульфонатов. [2, 3]

В данной работе исследовали возможность получения лигно-органопластиков на основе полиэтилена высокой плотности и технических лигнинов.

Этот композит устойчив и к биологическому воздействию, то есть не разрушается вследствие пагубной деятельности различных грибков, бактерий, насекомых и грызунов. Не повреждается от воздействия моющих средств, не выгорает на солнце, не подвергается повышенной влажности и действию ненастной погоды, в том числе большие перепады температур [4].

Его можно применять в самых различных областях: для изготовления элементов автомобильных салонов, для применения в строительстве, электронике, прецизионных изделиях, мебели, музыкальных инструментах, бижутерии, игрушках, садовом инвентаре [4].

Главным достоинством органопластика является возможность подвергаться многократной переработке.

Для исследований брали:

Лигнин Кировского БХЗ отсеянный (размер частиц 0.5 мм) и сульфатный Кировский лигнин. Полиэтилен высокой плотности SigmaAldrich (ПЭ) и полиэтилен с привитым малеиновым ангидридом в качестве наполнителя (ПЭМА).

На основе исходных компонентов приготовлены тестовые образцы:

- Чистый (исходный) полиэтилен (ПЭ),
- ПЭ+10% гидролизного лигнина
- 50% ПЭ + 10% ПЭМА + 40% гидролизного лигнина
- 50% ПЭ + 10% ПЭМА + 40% сульфатного лигнина

Лабораторные блочные образцы были получены в виде лопаток на технологическом комплексе DSM Xplore, литьевым способом (из расплава). Для получения лопаток исходный порошок (гранулы) полиэтилена (ПЭ) и ПЭ с добавкой 10% и 40% гидролизного лигнина (ПЭ+10%или 40% гидролизного лигнина) загружали в микроэкструдер и проводили смешения при температуре 160°C в течение 5 мин с целью удаления пузырьков воздуха в расплаве ПЭ.

Затем расплав полимера загружали в литьевую машину нагретую до 160°C MicroInjection Moulding Machine, после которой осуществляли впрыск расплава в пресс форму (температура формы составляла 70°C). В итоге получали лабораторные образцы лопаток, имеющие характерные размеры: 2 мм толщиной, 4 мм шириной и рабочей части 20 мм.

Измерение механических свойств молдингов на основе ПЭ проводили в режиме одноосного растяжения на разрывной машине 1958У-10-1 (Россия) со скоростью испытания 10 мм/мин. Для измерения механических свойств были испытаны не менее 5 образцов из каждой серии.

По результатам испытания была построена деформационная кривая (см.1)

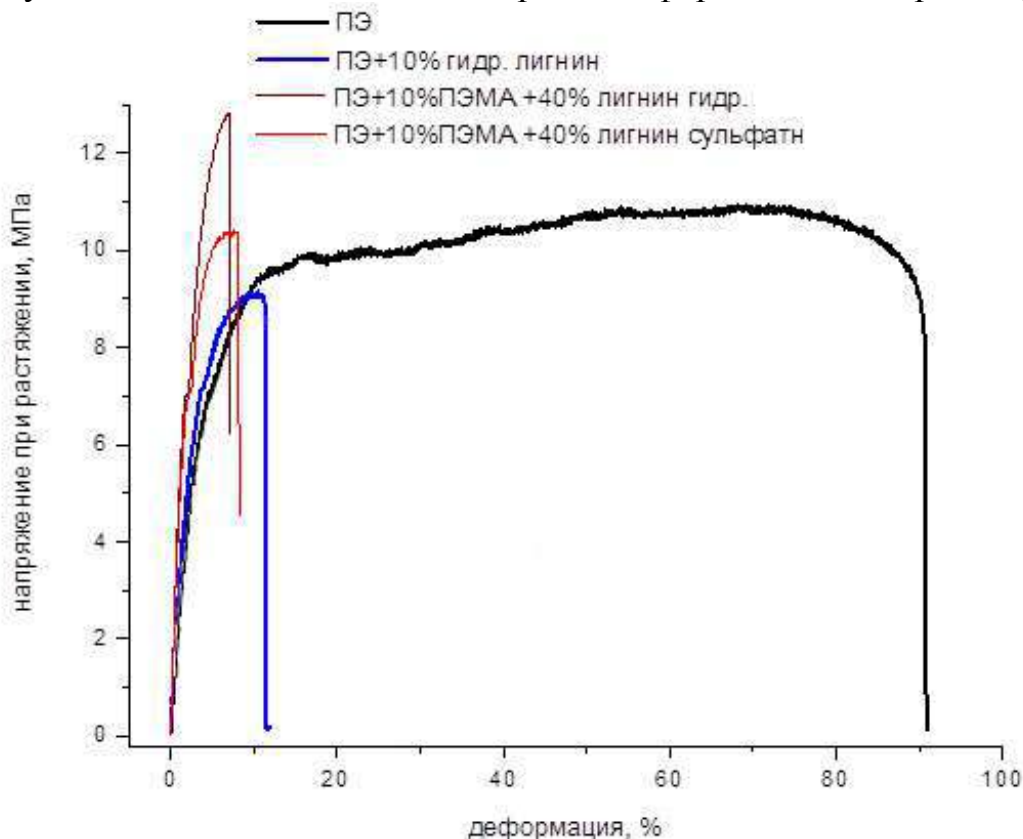


Рисунок 1 – Механические свойства композитов на основе полиэтилена и лигнина

На рисунке 1 определены следующие характеристики: модуль упругости E , прочность σ_p и деформация до разрушения ε_p (см. таблицу 1).

Таблица 1

Механические свойства блочных образцов на основе полиэтилена с гидролизным и сульфатным лигнином.

Наименование образца	Свойства материала		
	E , МПа	σ_p , МПа	ε_p , %
ПЭ	204 ± 5	$12,4 \pm 0,4$	$70,4 \pm 6,7$
ПЭ+40%ПЭМА+10% гидролизного лигнина	298 ± 27	$9,03 \pm 0,12$	$10,3 \pm 0,6$
50%ПЭ+10%ПЭМА+40% гидролизного лигнина	$12,9 \pm 0,23$	$510 \pm 32,2$	$7,6 \pm 0,383$
50%ПЭ+10%ПЭМА+40% Лигнин сульфатный	$10,6 \pm 0,19$	$526 \pm 0,6$	$7,35 \pm 0,212$

Исследование механических блочных образцов полученных на основе полиэтилена с гидролизным лигнином показало, что введение лигнина в количестве 10 % приводит к незначительному повышению модуля упругости с одновременным снижением прочности при растяжении с 12,4 МПа характерного для чистого полиэтилена до 9,03 МПа для композита. Наряду со снижением прочности при введении лигнина наблюдается и значительное снижение

деформации до разрушения (с 70 % до 10 %). При повышенной концентрации лигнина в количестве 40 % и его введение приводит к значительному понижению модуля упругости, но увеличением прочности до 510 МПа, и резким падением в прочности при растяжении (7,6%).

Таким образом, показана принципиальная возможность получения лигно-органопластиков на основе технических лигнинов и полиэтилена высокой плотности.

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Тунцев, Д.В., Сафин Р.Г., Хайруллина М.Р. [и др.] Технологическая схема получения биопластика на основе лигнина // Вестник Казанского технологического университета, 2014.- 17(21).- С. 217-219
- 2.Чудаков, М.И. Промышленное использование лигнина. - М.: Лесная промышленность, 1972, - 216 с.
- 3.Азаров, В.И. Буров А.В., Оболенская А.В. Химия древесины и синтетических полимеров: Учебник для вузов. - СПб.: СПбЛТА, 1999. 628 с.
- 4.TECNARO GmbH develops [Электронный ресурс]/ TECNARO GmbH develops URL: <http://www.tecnaro.de> (дата обращения: 29.10.2016)

ДЕЙСТВИЕ НИТРОПРУССИДА НАТРИЯ НА АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗЫ, ПЕРОКСИДАЗЫ И НАКОПЛЕНИЕ МАЛОНОВОГО ДИАЛЬДЕГИДА У РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ *TRITICUM AESTIVUM* ПРИ МЕТАЛЛИНДУЦИРОВАННОМ СТРЕССЕ

Рахматуллина С.Р., r.sveta@inbox.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный университет»

В современной биологии важное место отведено изучению механизмов выживания и адаптации растений к повреждающим абиотическим факторам. К первостепенным абиотическим факторам относят тяжелые металлы (ТМ), приводящие к нарушению равновесия и развитию окислительного стресса, сопровождающегося образованием активных форм кислорода (АФК) и перекисного окисления липидов (ПОЛ).

В индустриальных странах распространенным металл-загрязнителем является цинк (Zn). Цинк активно вовлекается в клеточный метаболизм, благодаря его присутствию в молекулах многих белков [6].

Положительное влияние к действию ТМ на растения имеет нитропруссид натрия (SNP). Действие нитропрусида натрия на морфофизиологические и биохимические процессы в растениях активно изучается. Имеется множество фактов того, как нитропруссид натрия влияет на морфофизиологические и биохимические процессы, протекающие в растениях [1; 2; 5]. Известно, что SNP способствует снижению уровня перекисного окисления липидов [2].

В работе было изучено влияние экзогенного нитропрусида натрия на активность антиоксидантных ферментов (каталазы и пероксидазы) и уровень малонового диальдегида (МДА) надземных и подземных частей 14-дневных растений пшеницы *Triticum aestivum* сорта Казахстанская 10, выращенных в норме и условиях воздействия тяжелого металла цинка. Воздействие

неблагоприятных факторов окружающей среды (тяжелых металлов) приводит к развитию окислительного стресса. О степени окислительного стресса судят по накоплению малонового диальдегида – цитотоксического продукта перекисного окисления липидов, индикатора образования свободных радикалов и последующего повреждения тканей [4]. Для защиты от АФК в растениях существует антиоксидантная система, включающая низкомолекулярные соединения и антиоксидантные ферменты. В ходе работы установили, что нитропруссид натрия стимулировал активность пероксидазы в побегах и активность каталазы в корнях в 1,12 и 1,15 раза, соответственно. Обработка SNP в корнях повышает активность каталазы [3]. Выявлено, что нитропруссид натрия при действии цинка снижает накопление МДА как в побегах, так и в корнях в 1,33 и 1,47 раза, соответственно.

Установлено, что на фоне увеличения активности пероксидазы в побегах и активности каталазы в корнях растений пшеницы происходит снижение накопления малонового диальдегида как в побегах, так и в корнях растений пшеницы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Correa-Aragunde N., Graziano M., Chevalier C., Lamattina L. Nitric Oxide Mediates the Expression of Cell-Cycle Regulatory Genes during Lateral Root Formation in Tomato // J. Exp. Bot. 2006. V. 57. P. 581-588.
2. Jasid S., Galatro A., Villordo J.J., Puntarulo S., Simontacchi M. Role of Nitric Oxide in Soybean Cotyledon Senescence // Plant Sci. 2009. V. 176. P. 662-668.
3. Tewari R.K., Hahn E.J., Paek K.Y. Function of Nitric Oxide and Superoxide Anion in the Adventitious Root Development and Antioxidant Defence in *Panax ginseng* // Plant Cell Rep. 2008. V. 27. P. 563-573.
4. Shahid M, Pourrut B, Dumat C, Nadeem M, Aslam M, Pinelli E. Heavy-metal-induced reactive oxygen species: phytotoxicity and physicochemical changes in plants. Rev Environ Contam Toxicol. 2014. V. 232. P. 1-44.
5. Zhang Y., Wang L., Liu Y., Zhang Q., Wei Q., Zhang W. Nitric Oxide Enhances Salt Tolerance in Maize Seedlings through Increasing Activities of Proton-Pump and Na^+/H^+ Antiport in the Tonoplast // Planta. 2006. V. 224. P. 545-555.
6. Wang C., Zhang S.H., Wang P.F., Hou J., Zhang W.J., Li W., Lin Z.P. The Effect of Excess Zn on Mineral Nutrition and Antioxidative Response in Rapeseed Seedling // Chemosphere. 2009. V. 75. P. 1468-1476.

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ФИТОБИОТИКОВ

Рощин В.И.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Короткий В.П., hinvest@sandy.ru, Рыжов В.А., woodnn@yandex.ru

ООО НТЦ «Химинвест», Нижний Новгород

Рыжова Е.С., relenas@mail.ru

ГБПОУ НО «Нижегородский медицинский колледж»

Баюнова Е.А.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

В настоящее время для животноводства актуально применение фитобиотических добавок, стимулирующих процессы пищеварения и

увеличение продуктивности. На протяжении многих десятилетий для этих целей использовали кормовые антибиотики, являющиеся действительно мощным средством, однако привыкание патогенных микроорганизмов к ним делает невозможным их применение в лечебных целях. С другой стороны, широкое применение антибиотиков в питании животных представляет собой реальную угрозу здоровью людей.

В Европе использование антибиотиков в качестве стимуляторов роста давно запрещено, а эксперименты, проведенные в Дании в 1990-е годы, показывают, что изъятие из употребления антибиотиков не оказало негативного влияния на производственные показатели в птицеводстве, это послужило толчком к развитию нового направления в кормопроизводстве – введение в корма фитобиотических соединений. В настоящее время этот процесс постепенно происходит и в нашей стране. Добавки, полученные на основе растительного сырья, эфирных масел, экстрактов, приобретают большую популярность в животноводстве, поскольку они обладают не только антибактериальными свойствами, но и являются природными ароматизаторами, стимулирующими потребление корма, улучшают пищеварение и повышают усвоение питательных веществ рациона [2, 3, 4].

Перспективным сырьем для фитобиотиков могут служить лесные ресурсы, в частности, древесная зелень, химический состав которой представлен широким спектром минеральных веществ, органических соединений, обладающих высокой биологической активностью. В 1 кг древесной зелени содержится 250 мг каротина, до 1200 мг кальция и 320 мг железа, кроме того в ней содержатся медь, цинк, кобальт, фосфор, марганец, витамины С, Е, К, Р. В хвое содержится в 1,5 – 2 раза больше аскорбиновой кислоты, чем в лимонах и апельсинах, и в 25 раз больше, чем в луке и картофеле. Уровень аскорбиновой кислоты в зимнее время достигает 5000-6000 мг/кг, в летние месяцы значительна концентрация витамина Е (178 мг/кг).

ООО НТЦ «Химинвест» разработаны фитобиотические добавки на основе древесной зелени – Хвойная энергетическая кормовая добавка (ХЭД) [5, 6, 7, 8]. ХЭД – фитонцидный поливитаминный препарат, содержащий хлорофилл, каротиноиды, витамин Е, стерины и другие вещества, стимулирующие биологические процессы.

Производство основано на извлечении биологически активных веществ древесной зелени методом многоступенчатой экстракции [8] с помощью селективного экстрагента (композиции многоатомных спиртов), который играет роль наполнителя и консерванта и позволяет извлекать из древесной зелени как водорастворимые, так и липидорастворимые вещества. Состав продукта определяли методом хромато-масс-спектрометрии. Среди высших жирных кислот идентифицированы линолевая и олеиновая кислоты, являющиеся энергетическими соединениями, а в составе смоляных кислот определены дегидроабиебиновая и пинифоловая кислоты, обладающие активностью против различного рода патогенов [1]. Неомыляемые вещества представлены моно- и сесквитерпеноидами, преимущественно борнеолом, α -кадинолом, Т-мурололом,

кариофилленом. Также выделены 3,4,5-триметоксибензальдегид, антикопалол, изоабиенол.

ХЭД представляет собой альтернативу кормовым антибиотикам, является натуральным стимулятором роста за счет эфирных масел хвои, естественных антиоксидантов – флавоноидов, которые ингибируют перекисидацию липидов в мембранах живых клеток. Каротиноиды эффективно уничтожают свободные радикалы в животном организме. Исследование свойств хвойной энергетической добавки проводили в условиях производственного эксперимента на коровах в ряде институтов и опытных хозяйств Нижегородской области и Мордовии (ветеринарная клиника и опытное хозяйство Аграрного института Мордовского государственного университета им. Н.П.Огарева»). По результатам исследований можно сделать вывод, что биодобавка повышает удой на 25% и жирность молока на 4,2%.

Результаты исследований показали, что добавка не только проявляет антимикробный и антиоксидантный эффект, но также увеличивает секрецию слюны и желудочных соков, стимулирует выработку эндогенных ферментов, за счет чего улучшается переваримость питательных веществ кормов, что положительно сказывается на продуктивности животных. Воздействие на пищеварение и общее состояние здоровья животных проявляется благодаря каротиноидам, полипептидам, фитоэстрогенам, сапонинам. Добавка значительно повышает уровень потребления корма и удойности коров, а рацион, обогащенный ХЭД, обеспечивает стабильный и интенсивный рост ремонтного молодняка, что позволяет позиционировать добавку как альтернативу применения антибиотиков для откорма животных и стимуляции роста молодняка.

На сегодняшний день ставится задача полностью отказаться от применения антибиотиков, а в качестве стимуляторов роста и меры профилактического воздействия в животноводстве использовать фитобиотические добавки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баюнова Е.А., Короткий В.П., Рошин В.И. Хвойная биодобавка: Технология и результаты испытаний. IV Международная научная Интернет-конференция Казань, 24-25 апреля 2015 г. С.13-16.
2. Короткий В.П., Рыжов В.А., Короткий И.В., Ясников С.В., Марисов С.С., Турубанов А.И. Продукты глубокой переработки биомассы леса как источник биологически активных веществ для сельского хозяйства / Повышение продуктивности, рациональное использование и охрана лесного фонда. Тр. СПбНИИЛХ. СПб: СПбНИИЛХ, 2011. Вып.2(25), с. 105-114.
3. Короткий В.П., Марисов С.С., Рыжов В.А., Зенкин А.С., Есипович А.Л. Технологии переработки древесной зелени – новые подходы / Международная научно-практическая конференция «Инновации и технологии в лесном хозяйстве - 2013». ФБУ «СПбНИИЛХ» 22-24 мая 2013 г. СПб. Т.2. с. 24-35.
4. Короткий В.П., Марисов С.С., Рыжов В.А., Зенкин А.С., Есипович А.Л. Технологии переработки древесной зелени – новые подходы / Международная научно-практическая конференция «Инновации и технологии в лесном хозяйстве - 2013». ФБУ «СПбНИИЛХ» 22-24 мая 2013 г. СПб. Т.2. с. 24-35.
5. Короткий В.П., Казанцев О.А., Есипович А.Л., Краснов В.Л., Рыжов В.А., Турубанов А.И., Марисов С.С., Рыжова Е.С. Биологически активные кормовые добавки на основе

древесной зелени/ Пмеждународная интернет-конференция "Современные тенденции в сельском хозяйстве",приуроченная ко дню работников сельского хозяйства России. 10-11 октября 2013 г. Казань, в 2т., Т.1.с.102-103.

6. Патент РФ №2536946 «Способ получения экстудированной хвойно-энергетической добавки».Дата публикации 27.12.2014. Бюл. 36.

7.Патент РФ №2543814 «Хвойно-энергетическая добавка. Дата публикации 10.03.2015. Бюл. 7.

8. Рыжов В. А., Рыжова Е. С., Короткий В. П., Есипович А. Л., Казанцев О. А., Зенкин А. С. Хвойно-энергетическая кормовая добавка для животноводства/ Современные научные исследования:актуальные теории и концепции - ART 64387. - URL: <http://e-koncept.ru/teleconf/64387.html> - Гос. рег. Эл№ ФС 77- 49965. - ISSN 2304-120X.

ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОДУКТ ИЗ НИЗКОСОРТНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Рыжов В.А., woodnn@yandex.ru

ООО НТЦ «Химинвест», Нижний Новгород

Короткий В.П., [himinvest@sandy.ru](mailto:hinvest@sandy.ru)

ООО НТЦ «Химинвест», Нижний Новгород

Рощин В.И.,

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Рыжова Е.С., relenas@mail.ru

ГБПОУ НО «Нижегородский медицинский колледж»

Миксон Д.С.,

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Накопившиеся в России огромные запасы спелой и перестойной древесины лиственных пород не только препятствуют переформированию лиственных насаждений в более ценные хвойные древостои, но и создают в результате естественного отпада высокую пожарную опасность в лесах, способствуют размножению лесных вредителей, фитозаболеваний и расходуют в процессе гниения значительное количество атмосферного кислорода. Решение проблемы промышленного использования таких насаждений имеет важное не только национальное, но и глобальное значение. Проблема очистки лесов (захламленность, большое количество горелой древесины) в настоящее время является основной. Решение ее видится в создании мобильных комплексов по производству древесноугольных сорбентов из возобновляемых источников растительного сырья, которые применяются для борьбы с микотоксинозами сельскохозяйственных животных и получения экологически чистой продукции.

Одним из путей использования лиственных древостоев, горелой древесины и растительной биомассы, скопившейся в лесах, является термохимическая переработка древесины с получением традиционных лесохимических продуктов – древесного угля, дегтя, древесных смол.

Данная работа посвящена перспективному направлению квалифицированного использования древесного угля, полученного из низкосортной древесины [11]. Следует отметить, что при потребности мирового рынка в древесном угле около 10 млн. т в год, в бывшем СССР его производилось около 300 тыс. т., а в настоящее время объем производства древесного угля в

России не превышает 90 тыс. т. в год (причем, получают его только из деловой березовой древесины).

Известно, что одной из важнейших проблем ветеринарной медицины являются заболевания, вызванные микроскопическими грибами: микозы, микотоксикозы, аллергии. Загрязнение окружающей среды, повышение радиационного фона, использование в сельском хозяйстве пестицидов, удобрений, в ветеринарии – иммунодепрессантов, цитостатиков, кортикостероидов и антибиотиков широкого спектра – являются основными факторами, ослабляющими естественные защитные механизмы организма животных и способствующими развитию заболеваний. Микотоксины поражают внутренние органы животных: желудок, кишечник, печень, слизистую оболочку языка и ротовой полости.

Эффективных специфических средств профилактики и лечения отравлений животных ядами микроскопических грибов явно недостаточно, а разработка антидотов является сложной и дорогостоящей задачей. В последние годы всё более широкое применение находят такие антидоты-сорбенты, как цеолиты, которые дают хорошие результаты. Также используются импортные сорбенты на основе угольной мелочи и различных композиций с её использованием, однако стоимость их очень высока. Возникают трудности с доставкой мелких партий для небольших фермерских хозяйств и малых предприятий, что отрицательно сказывается на своевременном лечении и продуктивность животных.

В то же время, древесный уголь традиционно применяется в качестве добавки к корму животных. Активированный уголь – высокодисперсный пористый материал с развитой удельной поверхностью и уникальной способностью поглощать значительные количества веществ различной химической природы из газовой, парообразной и жидкой сред. Введённый в пищевой рацион животных активированный уголь энергично поглощает газы, образующиеся в пищеварительном тракте, уничтожает нежелательные процессы брожения, содействует правильному пищеварению и создает благоприятные условия для повышения массы животных. Помимо способности поглощать большие объёмы газов, активированный уголь обладает свойством адсорбировать бактерии тем самым препятствует распространению их в организме. Он также поглощает бактериальные яды и другие токсичные вещества, попадающие в кишечник или образующиеся в нём.

На основании выше изложенного особый интерес представляет использование активных древесных углей для производства кормовой добавки с целью профилактики и лечения отравлений сельскохозяйственных животных микотоксинами и другими вредными веществами [1, 2, 3].

Одним из решений этой проблемы может быть создание малотоннажных производств и мобильных комплексов по производству активных древесных углей, работающих на местной сырьевой базе с использованием низкосортной и мелкотоварной древесины [12,13,14,15].

В настоящее время нами разработаны экологически чистые сорбенты из возобновляемых источников сырья, эффективность которых на 30-50% выше,

чем у импортных аналогов, а цена в 2-3 раза ниже. Полученные сорбенты прошли лабораторные скрининговые испытания во Всероссийском научно-исследовательском и технологическом институте птицеводства (г. Сергиев Посад) и производственные испытания в Мордовском государственном университете имени Н.П. Огарева (г. Саранск) [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 16].

Создана установка с использованием принципиально новой технологии производства отечественной угольной кормовой добавки на основе активных древесных углей, полученных из низкосортной и мелкотоварной древесины в едином технологическом процессе карбонизации-активации. Данная установка обеспечивает автономность и мобильность функционирования в полевых условиях, приближена к источникам сырья и может быть рекомендована для малых предприятий, а также позволяет решить вопрос утилизации отходов лесоперерабатывающей промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зенкин А.С., Короткий В.П., Леткин А.И., Чиняева А.Ю., Рыжов В.А. Кормовая добавка для профилактики хронического микотоксикоза сочетанного типа у кур несушек. III Всероссийская Интернет-конференция «Актуальные проблемы анатомии гистологии и эмбриологии животных», 3-6 Апреля 2012. г. Казань, с. 40-41.

2. Зенкин А.С., Кирдяев В. М., Чиняева А. Ю., Рязанов Н. А., Короткий В.П., Рыжов В.А. Оценка эффективности активной угольной кормовой добавки для профилактики расстройств пищеварения у телят. I Междунпроднаяинтер-нет-конференция "Современные тенденции в сельском хозяйстве", приуроченная ко дню работников сельского хозяйства России. 15-17 октября 2012 Казань, с. 93-95.

3. Короткий В.П., Рыжов В.А., Богданович Н.И., Прытков Ю.Н., Рыжова Е.С. Применение активной угольной кормовой добавки для профилактики микотоксикозов у цыплят-бройлеров. III Всероссийская Интернет-конференция «Актуальные проблемы анатомии гистологии и эмбриологии животных», 3-6 Апреля 2012. г. Казань, с. 64-65.

4. Патент РФ № 2505069 «Способ применения активной угольной кормовой добавки для повышения продуктивности кур-несушек».

5. Патент РФ № 2522958 «Активная угольная кормовая добавка».

6. Патент РФ № 2531933 «Способ получения древесноугольного сорбента».

7. Патент РФ № 2542117 «Способ повышения продуктивности крупного рогатого скота».

8. Патент РФ № 2536930 «Способ повышения продуктивности дойных коров».

9. Патент РФ № 2551159 «Способ повышения молочной продуктивности крупного рогатого скота».

10. Патент РФ № 2551160 «Способ повышения продуктивности молодняка крупного рогатого скота».

11. Рыжов В.А., Бондарев В.Я., Головин А.И. Пиролиз низкосортной древесины и лесосечных отходов на передвижных установках. Лесной Эксперт, №13, 2003. с.36.

12. Рыжов В.А., Рыжова Е.С. Отчет о результатах лабораторных исследований по разработке технологии получения активных углей из мелких древесных отходов. Отчет о НИР (заключительный). ООО ЭИП «Ресурс-Актив», г. Бор, Нижегородская область 2007г. 62с.

13. Рыжов В.А. Активные древесные угли: теория и практика. Лесной эксперт №7 (52), 2008. с.46-48.

ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ КРОНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ

Транчук Н.В., tran4uk@yandex.ru, Рошин В.И., kaf.chemdrev@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Фенольные соединения широко распространены в растительном мире и привлекают внимание исследователей благодаря высокому уровню биологической активности. Древесная зелень хвойных является не только богатым, но и возобновляемым источником биологически активных веществ, что делает ее привлекательной для переработки с получением искомым продуктов.

В литературе имеются сведения об изучении состава фенольных соединений хвои [5], древесины [1] и коры стволовой части [2]. Фенольные соединения побегов лиственницы ранее не изучались. В данной работе приведен состав различных групп фенольных соединений из разных частей кроны *Larix sibirica*.

Объектом исследования является древесная зелень лиственницы сибирской. Пробы сырья были отобраны 28 июля 2013 г. в Турунтаевском лесничестве Томской области. Сырье делили на несколько частей: хвоя, кора, древесина. Изопропанольный (ИП) экстракт из разных частей кроны, получали по описанной в работе [6] схеме, последовательно обрабатывали петролейным эфиром (пределы кипения 40-70°C; ПЭ), диэтиловым эфиром (ДЭ) и этилацетатом. Вещества, растворимые в ДЭ, делили на условно названные группы: фенолокислоты (ФК), фенолы и нейтральные соединения. Группу ФК из каждой части сырья хроматографировали на колонке с силикагелем, элюирующие смеси: ПЭ-ДЭ с градиентным увеличением доли ДЭ от 1% до 80%, хлороформ-этанол с градиентным увеличением доли спирта от 1% до 50%, затем этанол. Состав фракций изучали методом масс-спектрометрии, строение соединений устанавливали методами: ЯМР¹H и ¹³C (растворитель CDCl₃).

Методика и схема наработки экстрактов, данные по групповому составу ИП экстракта, а также по групповому составу части ИП экстракта, растворимой в ДЭ, приведены в работе [6]. Состав фракций, выделенных при хроматографировании, изучали методом масс-спектрометрии путем сравнения полученных масс-спектров со спектрами известных соединений из двух банков данных NIST 11.L и WILEY 275.L. Идентифицированные соединения приведены в таблице 1.

Из результатов, представленных в таблице 1 видно, что состав кислот, альдегидов и кетонов во всех частях кроны практически идентичен. Интересным фактом является присутствие в хвое сиреновой кислоты, т.к. для хвойных пород характерно гваяцильное замещение ароматического кольца в структуре фенольных соединений, в то время как для лиственных пород – сирингильное замещение. Все перечисленные кислоты идентифицированы в форме агликонов. Данные об обнаружении в разных частях кроны лиственницы бензойной, фенилуксусной, *n*-гидроксифенилуксусной и *цис*- и *транс*-коричных кислот в литературе нами не найдены. Ранее сообщалось о выделении *n*-гидроксиацетофенона из хвои лиственницы сибирской [3], нами в хвое он идентифицирован не был, но были выделены фенолокетоны с бутановой боковой цепью – реозмин и зингерон.

Следует отметить, что флавоноидные соединения хвои представлены только флавонолами, коры — дигидрофлавонолами. Флавоноид куматакенин из хвои лиственницы выделен впервые. В древесной части побегов флавоноиды идентифицировать не удалось.

Таблица 1.

Фенольные соединения из разных частей кроны лиственницы.

Основные компоненты	Часть сырья		
	Хвоя	Древесина побегов	Кора побегов
<i>Кислоты:</i>			
бензойная	+	+	+
<i>n</i> -гидроксибензойная	+	+	+
ванилиновая	+	+	+
сиреневая	+		
фенилуксусная	+	+	+
<i>n</i> -гидроксифенилуксусная	+	+	+
<i>цис</i> -и <i>транс</i> -коричная	+		+
<i>цис</i> -и <i>транс-n</i> -кумаровая	+	+	+
феруловая	+	+	+
<i>Альдегиды:</i>			
<i>n</i> -гидроксибензальдегид	+	+	+
ванилин	+	+	+
<i>Кетоны:</i>			
<i>n</i> -гидроксиацетофенон		+	+
4-(4-гидроксифенил)-2-бутанон (реозмин)	+	+	+
4-(4-гидрокси-3-метоксифенил)-2-бутанон (зингерон)	+	+	+
<i>Флавоноиды:</i>			
кемпферол	+		
кверцетин	+		
изорамнетин	+		
мирицетин	+		
5,4'-дигидрокси-3,7-диметоксифлавонон (куматакенин)	+		
дигидрокверцетин			+
дигидромирицетин			+
<i>Лигнаны:</i>			
секоизоларицирезинол		+	
ангидросекоизоларицирезинол	+	+	+
лирицирезинол-3-ацетат	+		+
пинорезинол	+	+	+
матаирезинол	+	+	+
7-оксиматаирезинол		+	
4-О-метилматаирезинол	+		
пинопалюстрин	+	+	+
изоларицирезинол		+	+
ангидроизоларицирезинол		+	+
конидендрин		+	

Лигнанные соединения были идентифицированы во всех частях кроны, их состав наиболее разнообразен в древесной части побегов. Об идентификации ряда лигнанов в лиственнице уже сообщалось ранее [4,7]. В литературе не найдены сведения о нахождении в хвое *Larix sibirica* ангидросекоизоларицирезинола, пинорезинола, в древесине — матаирезинола, 7-оксиматаирезинола, 4-О-метилматаирезинол, ангидроизоларицирезинола, а также пинопалюстрина в представителях рода *Larix*.

Таким образом, из частей кроны *Larix sibirica* выделен ряд известных ранее соединений и ряд компонентов, об обнаружении которых ранее не сообщалось: бензойная кислота, фенилуксусная, *n*-гидроксифенилуксусная и *цис*- и *транс*-коричные кислоты, 4-(4-гидроксифенил)-2-бутанон (реозмин), 4-(4-гидрокси-3-метоксифенил)-2-бутанон (зингерон), 5,4'-дигидрокси-3,7-диметоксифлавонон (куматакенин), дигидромирицетин, пинопалюстрин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабкин В.А., Остроухова Л.А., Малков Ю.А., Иванова С.З., Онучина Н.А., Бабкин Д.В. Биологически активные экстрактивные вещества из древесины лиственницы // Химия в интересах устойчивого развития. 2001. №9. С. 363-367.
2. Иванова Н.В., Остроухова Л.А., Бабкин В.А., Иванова С.З., Попова О.В.. Комплекс мономерных фенольных соединений коры лиственницы // Химия растительного сырья. 1999. №4. С. 5-7.
3. Иванова С.З., Медведева С.А., Тюкавкина Н.А. Ацетофеноны хвои некоторых видов семейства Pinaceae // Химия древесины. 1978. №1. С. 103-108.
4. Лаптева К.И., Тюкавкина Н.А., Рыжова Л.И. Лигнанные соединения из древесины *Larix dahurica* и *L. sibirica* // Химия природных соединений. 1971. № 6. С. 829.
5. Медведева С.А. Исследование фенольных соединений хвои некоторых видов пихты и лиственницы: дис. ... канд. хим. наук. Новосибирск. 1973. 138 с.
6. Транчук Н.В., Рощин В.И. Групповой состав экстрактов из кроны лиственницы сибирской летнего и осеннего сборов // Химия растительного сырья. 2015. № 4. С. 63-70.
7. Тюкавкина Н.А., Медведева С.А., Иванова С.З., Луцкий В.И. Лигнанные соединения хвои некоторых видов семейства Pinaceae // Химия древесины. 1977. №6. С. 94-96.

ЖИДКИЕ ПРОДУКТЫ ЛЕСОХИМИИ: ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ГРУППОВОЙ СОСТАВ

Ханова Д.Р. dilya_khanova_94@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технологический университет

Николаев В.Ф. mobin7@yandex.ru

Институт органической и физической химии имени А. Е. Арбузова КазНЦ РАН

Ильясов Р.А. rustam.ilyasov@mail.ru, Яшина А.В. fnnh-yashina@mail.ru,

Тимиргалиева А.Х. timirgalieva94@mail.ru, Султанова Р.Б. rasimabaky@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технологический университет

Контроль качества продуктов лесохимии, оценка их соответствия ГОСТам и нормативным документам, а также снижение затрат на установление фальсификата является актуальными задачами современного лесохимического производства.

Нами разработан простой рефракто-денсиметрический метод визуальной идентификации и установления группового состава органических веществ.

Основой метода является рефракто-денсиметрическая идентификационная карта, построенная в координатах «интерцепт рефракции-удельная рефракция».

Впервые о понятии «интерцепт рефракции» заговорил Куртц С.С. [3] еще в начале XX века. Он предложил подсчет состава органических соединений на основе графика в координатах «показатель преломления – плотность». На основании своих исследований он вывел формулу расчета интерцепт рефракции RI:

$$RI = n - \frac{d}{2} \quad (1)$$

где n – показатель преломления жидкости, измеренный при 20°C на желтой линии спектра Na ($\lambda=589$ нм);

d – плотность жидкости при 20°C, выраженная в г/см³.

В своей работе для расчета интерцепт рефракции мы использовали формулу (1).

Удельная рефракция широко известна и применяется в решении самых различных аналитических и физико-химических задач [2]. Используемая нами в данной работе для целей идентификации химических продуктов удельная рефракция Лорентца-Лоренца sR рассчитывается по соотношению (2):

$$sR = \left(\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \right) \cdot \frac{1}{d}, \quad (2)$$

где n – показатель преломления жидкости, измеренный при 20°C на желтой линии спектра Na ($\lambda=589$ нм),

d – плотность жидкости при 20°C, выраженная в г/см³.

Удельная рефракция индивидуальных веществ связана с молекулярной рефракцией MR , являющейся мерой молекулярной (мольной) поляризуемости [1], и описывается соотношением:

$$MR = M \cdot sR \quad (3)$$

где M – масса грамм-моля вещества.

В ряде случаев хорошие результаты дает использование удельных рефракций Гладстона-Даля (цит. по [2]):

$$sR_{GD} = \left(\frac{n - 1}{d} \right) \quad (4)$$

и Эйкмана (предпочтительно для водных растворов):

$$sR_E = \frac{(n^2 - 1)}{(n + 0,4) \cdot d} \quad (5)$$

В данной работе для расчета удельной рефракции используется формула (2) Лорентца-Лоренца, т.к. она дает развернутую картину при нанесении данных на идентификационную карту.

Для исследования мы взяли некоторые распространенные продукты лесохимии [5], нашли их показатели преломления и плотности, рассчитали

удельную рефракцию и интерцепт рефракции. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Продукты лесохимии.

Название	n^{20}	d^{20}	sR	RI
скипидар	1,4695	0,8580	0,5472	1,0405
α -пинен	1,4658	0,8582	0,5427	1,0367
β -пинен	1,4762	0,8694	0,5477	1,0415
Δ^3 -карен	1,4723	0,8645	0,5463	1,0400
α -терпинеол	1,4797	0,9369	0,5120	1,0112
сосновое масло	1,4950	0,9440	0,3089	1,0230

На основании полученных данных мы нанесли продукты лесохимии на идентификационную карту органических соединений (рис. 1), построенную нами ранее. Карта поделена на 4 квадранта с помощью полиметилового центра (ПМЦ) – центр органических соединений ($RI=1,04925$; $sR=0,33175$). Точные координаты ПМЦ были определены совместным решением избыточной системы 3-х линейных уравнений, представляющих собой уравнения трендов для высших жидких членов трех гомологических рядов – n-алканов, n-алканолов и n-алкилзамещенных бензолов в работе [4].

Идентификационная карта поделена на квадранты, сходящиеся в точке ПМЦ. В I квадранте расположены олефины и ароматические углеводороды (алкилбензолы, алкилнафталины); во II квадранте – насыщенные углеводороды (n-алканы и изоалканы) и алкины; в III – алкилцикланы, спирты, кислоты, кетоны, продукты лесохимии и декалины; в IV квадранте могут располагаться смесевые композиции из компонентов, принадлежащих I и III квадрантам.

Предложен простой рефракто-денсиметрический метод визуальной идентификации и установления группового состава промышленных органических растворителей. Основой метода является рефракто-денсиметрическая идентификационная карта, построенная в координатах «интерцепт рефракции-удельная рефракция». Основным преимуществом метода является простота его реализации, поскольку не требует дорогостоящего оборудования и специальной подготовки лаборантов или операторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Верещагин А.Н. Поляризуемость молекул. М.: Наука, 1986, 177 с.
2. Иоффе Б.В. Рефрактометрические методы химии. Изд. 3. Л.: Химия, 1983, 352 с.; Изд. 2-е.- Л.: Химия, 1974.- 400 с.
3. Куртц С.С. в кн. Химия углеводородов нефти/ под ред. Б.Т.Брукса, С.Э.Бурда, С.С. Куртца, Л. Шмерлинга, М.: ГНТИНГТЛ, т. 1, с. 227-277.
4. Николаев В.Ф., Романова У.Г., Табрисов И.И., Минеев А.Э., Валеев Т.А., Ильясов Р.А., Султанова Р.Б., Романов Г.В. Визуализация группового состава светлых нефтепродуктов и жидких продуктов органического синтеза //Вестн. Каз. технол. ун-та. – 2015. - №22. – С.43-46.
5. Чудинов С.В., Трофимов А.Н., Узлов Г.А. и др. Справочник лесохимика. М.: Лесная промышленность. 1987. 272 с.

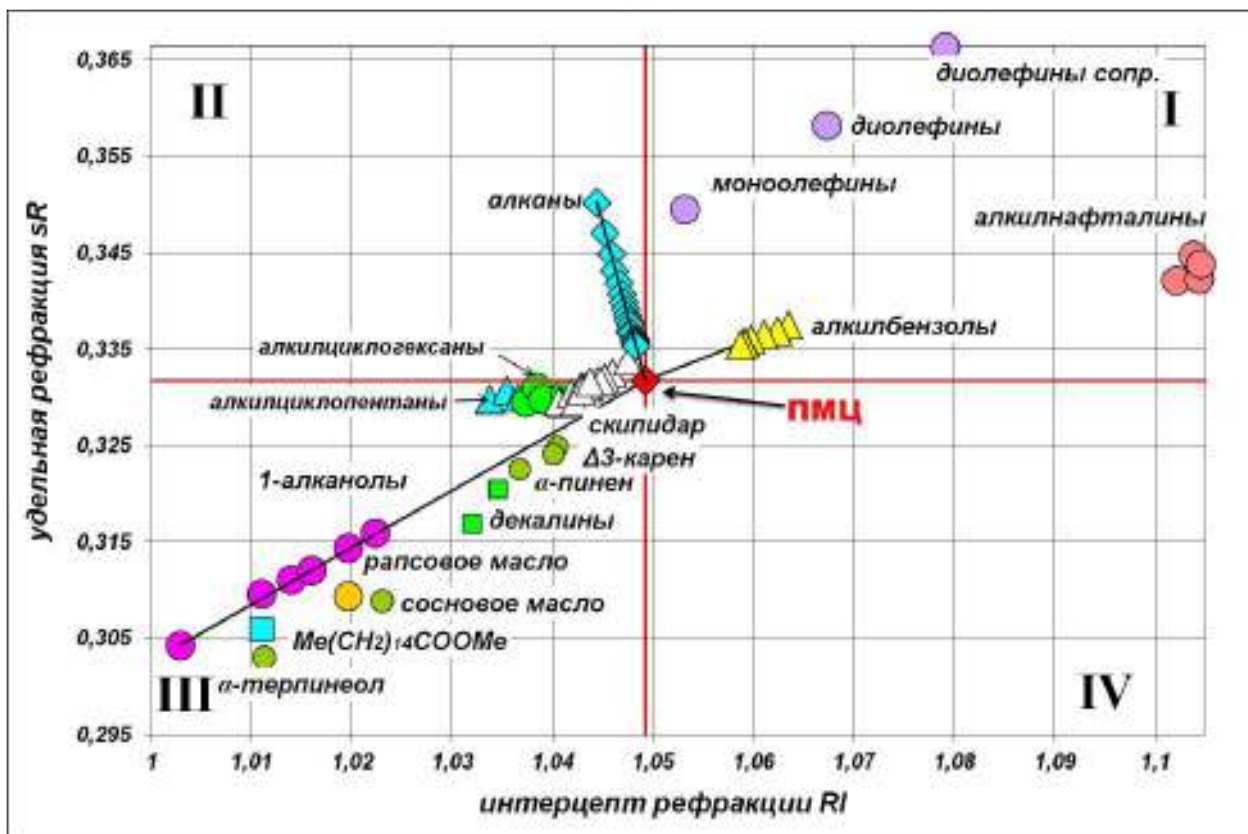


Рис. 1. Идентификационная карта органических соединений

Секция «Целлюлозно-бумажная промышленность: актуальные проблемы и пути их решения»

ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ (ЦБП) В МИРЕ И В РОССИИ

Аким Э.Л., akim-ed@mail.ru

Высшая Школа Технологии и Энергетики Санкт-Петербургского Государственного Университета промышленных Технологий и Дизайна

Мировое производство бумаги и картона непрерывно увеличивается, и достигло в 2016 году 410 млн. тонн [8]. В прошлом десятилетии произошла реструктуризация мировых лидеров производства бумаги и картона [6] – Китай, с объемом производства свыше 100 млн. тонн, вышел на первое место, потеснив США и страны Западной Европы (СЕРІ). Наша страна, занимавшая в 1980 году четвертое место в мире, сегодня находится в середине второго десятка, произведя в 2016 году 8,5 млн. т бумаги и картона. В странах Западной Европы - членах СЕРІ производство бумаги и картона в 2016 году составило 91 млн. тонн. В США и Канаде производство снизилось на 1.0% и 1.8% соответственно. В Японии и Бразилии не изменилось. В 2016 году увеличилось производство бумаги и картона в России (+3, 8%), Китае (+2,9%) и Индии (+2,9%). По данным национальной лесопромышленной ассоциации Бразилии, объем экспорта целлюлозы из Бразилии в 2016 г. вырос по сравнению с 2015 г. на 12%, достигнув 12,9 млн. т. Основным экспортным рынком бразильской целлюлозы с долей 38,9% остается Китай, далее следуют европейские страны (33,1%).

Основными особенностями ЦБП мира являются [1,3,6] глобализация, развитие плантации ускоренного роста, прежде всего в Бразилии (эвкалипт) и в Китае (черный тополь), расширение использования вторичного волокна, а проблемами - цикличность рынков, цикличность изменения курсов валют, ужесточение экологических требований. О глобализации потоков продукции и вторичного волокна свидетельствуют следующие данные. Так, если мировое производство целлюлозы возросло с 1980 по 2014 год на 39%, то экспорт вырос на 177%, а вторичного волокна (макулатуры) – почти в 10 раз, при росте его производства на 387%.

В отличие от других отраслей Российской промышленности (химической, текстильной и др.), целлюлозно-бумажная промышленность России сохранила объемы производства продукции на уровне 1990 года [5]. При этом, хотя в России за последние 35 лет не построено ни одного нового ЦБК, произошла реструктуризация отрасли. Сегодня Российская ЦБП имеет четко выраженный экспортно-ориентированный характер; в мировых потоках Российская ЦБП позиционируется как поставщик «северных армирующих хвойных волокон» и как поставщик картона и бумаги из первичных волокон. Так, «Группа «Илим» экспортирует товарной целлюлозы в 1,5 - 2,0 раза больше, чем экспортировал СССР в 1980-1990 годах [8].

Важнейшим импортером российской продукции является Китай. Как известно, Китай сегодня самый крупный потребитель как первичного, так и вторичного волокна – как собственного, так и импортируемого.

Прослеживаемость «цепочек поставок», лесная сертификация как путь обеспечения устойчивого лесопользования, развитие использования вторичных волокон, объем мирового использования которых превышает объемы использования первичного волокна, это лишь первые шаги по переходу ЦБП мира к зеленой экономике, базирующейся на принципах устойчивого развития [2]. Этот путь отечественные предприятия могут пройти только с наукой.

В условиях глобализации мировой ЦБП, интеграции российской ЦБП в мировую экономическую систему, в мировую ЦБП и мировые рынки, необходимо параллельное и даже упреждающее решение экологических проблем. В 2015 году вышел Документ по стандартизации Российской Федерации «Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Производство целлюлозы, древесной массы и картона» [2].

Российский Лесной Комплекс экспортно-ориентирован и стал заметным игроком на мировых рынках, как поставщик «армирующей» северной хвойной целлюлозы и бумаги и картона из первичных волокон. Есть два пути развития Российского Лесного Комплекса – инновации и перенос лучших практик. Лесная Технологическая Платформа [7,9], как часть «БиоТех 2030» отвечает на этот вопрос однозначно – мы идем по инновационному пути. Только так можно сохранить конкурентоспособность на мировых рынках.

Для лесного сектора России прорывные технологии являются единственным путем выхода на инновационный путь развития. Европейский прогноз развития лесного сектора [5] отмечает, что инновации могут улучшить показатели любого сценария (UN, 2012). Тридцатилетняя задержка в развитии лесного комплекса Российской Федерации открывает уникальную возможность реализации инновационного сценария за счет комплексной реконструкции существующих предприятий на базе научных достижений предшествующих трех десятилетий, новейших поколений техники и технологии. Наиболее целесообразным путем реконструкции существующих предприятий будет переход на производство наукоемкой продукции. Для многих отечественных производств такой путь является единственным путем выживания в условиях мировой конкуренции и свободной торговли. Предприятия лесного сектора, которые были спроектированы и построены в середине прошлого века, ныне подлежат полной реконструкции. Реконструкция позволит создать принципиально новые предприятия XXI века, минуя те стадии, которые проходили лидеры мирового лесного комплекса за последние десятилетия. Иными словами, лесной комплекс России должен «перешагнуть» через стадии, которые поэтапно проходил в последние десятилетия лесной комплекс передовых лесопромышленных стран. Реализация такой модели технологического и интеллектуального прорыва требует очень серьезного научного и кадрового обеспечения, предвидения рынков и тенденций развития на несколько десятилетий вперед [5].

Одним из ярчайших событий Петербургского экономического форума 2016 года стало резкое выступление профессора Массачусетского технологического института Лорена Грэма о том, что только реформы способны поставить развитие новых технологий на поток. Он сказал также «Россия может предложить великие идеи, но не в состоянии ими воспользоваться!». Это положение полностью относится и к ЦБП.

В качестве примеров можно привести отбелку целлюлозы молекулярным кислородом и биорефайнинг древесины лиственницы (рис.1).

В 1955 году в Лесотехнической Академии Г.Л.Аким и В.М.Никитин открыли отбелку целлюлозы молекулярным кислородом. После выявления в семидесятых годах прошлого века высокой токсичности образующихся при хлорной отбелке целлюлозы хлорорганических соединений (диоксинов и др.), отказ от использования при отбелке древесной целлюлозы хлора и гипохлорита стал важнейшей экологической проблемой ЦБП мира. Существует ряд разновидностей бесхлорной отбелки, отбелка без использования элементарного хлора (Elemental Chlorine-Free - ECF), при которой используется на ряде ступеней диоксид хлора, не образующий с лигнином хлорорганических соединений, и отбелка вообще без использования соединений хлора (Totally Chlorine-Free - TCF). Однако, практически во всех случаях основной стадией многоступенчатой отбелки является кислородная ступень - отбелка целлюлозы молекулярным кислородом, причем во всем мире признается, что впервые она была открыта в 1955 году в России Г.Л. Акимом и В.М. Никитиным. В настоящее время в мире производится около 100 млн. тонн беленой товарной целлюлозы и лишь около 5-6 % мировой беленой целлюлозы отбеливается с использованием элементарного хлора.

Лесной сектор занимает лидирующее положение в переходе к «Зеленой Экономике» и к «Циркулярной Экономике». Задачей Российской «Лесной технологической платформы» как части Платформы «БиоТех2030» является создание и реализация инновационной модели развития лесного комплекса России, ее научное и кадровое обеспечение[5,9]. Один из ее приоритетов - биорефайнинг древесины (biorefinery), - производство наукоемкой продукции, с высокой добавленной стоимостью, на базе комплексной глубокой переработки лесных ресурсов непосредственно в регионе произрастания.

Советский Союз в середине XX века перешел от строительства целлюлозно-бумажных комбинатов (ЦБК) к строительству Лесопромышленных комплексов (ЛПК). Именно так построены Архангельский, Котласский, Братский и Усть-Илимский ЛПК. По сути эти комплексы являлись предприятиями биорефайнинга.

В рамках реализации Постановления Правительства РФ №218, ОАО «Группа «Илим» и СПб ГТУ РП, вышедшие в 2010 году в победители по первому открытому конкурсу. Они выполнили в 2010-2014 гг. крупнейший в лесном комплексе России инновационный проект – «Разработка инновационной технологии комплексной переработки древесины лиственницы (с выводом на

мировые рынки нового вида товарной целлюлозы) - проект «Лиственница» (научный руководитель проекта – проф.Э.Л.Аким).

Проект реализован на принципах частно-государственного партнерства, с общим объемом финансирования свыше 350 млн. руб., в том числе объем государственного финансирования – около 150 млн.руб. Комплексный проект «Лиственница» направлен на разработку и промышленную реализацию био-рефайнинга древесины лиственницы - инновационной технологии сульфатной варки целлюлозы и комплексной химической переработки ее не целлюлозных компонентов, прежде всего - арабиногалактана. Проект базировался на исследованиях моего учителя, Чл.корр. АН СССР Н.И.Никитина. К выполнению исследований по проекту были привлечены институты РАН (ИВС, ИХФ, ЦЭПЛ, ИКИ), ВУЗы (СПб ГТУ РП, СПб ГУТД, СПб ГЛТУ и др.), отраслевые институты, зарубежные университеты и компании.

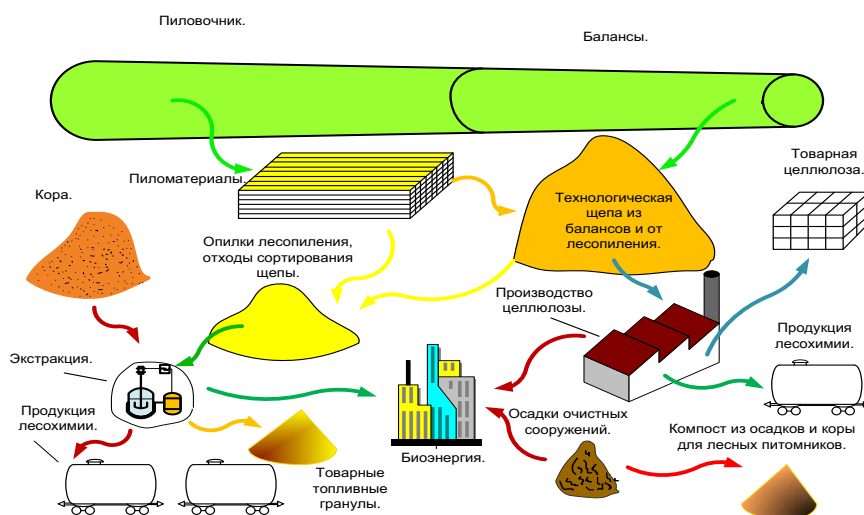


Рис.1.Био-рефайнинг древесины лиственницы

Используя разработанную нами ранее [4] концепцию об определяющей роли релаксационного состояния полимерных компонентов древесины, на основании фундаментальных исследований структуры древесины лиственницы, впервые было установлено, что в древесине лиственницы арабиногалактан (АГ) находится в виде аква-комплексов, находящихся в жидком состоянии. Это позволило предложить инновационные методы, как получения волокнистых полуфабрикатов, так и извлечения из щепы арабиногалактана (рис.1). Методы апробированы в лабораторных и в промышленных масштабах. Предложенные инновационные технологии получения волокнистых полуфабрикатов из древесины лиственницы и извлечения арабиногалактана защищены 19 патентами РФ.

Разработанные технологии переработки 100% лиственницы, а также ее смесей с другими видами древесного сырья реализованы на Братском филиале ОАО «Группа «Илим», который с ноября 2014 года перешел на инновационные технологии производства целлюлозы. На 1 января 2017 года выпущено и реализовано продукции, произведенной по инновационной технологии, на сумму свыше 20 миллиардов рублей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ежегодный обзор рынка лесных товаров 2014-2015,; Женева: ЕЭК ООН, 2016.- 135с.
2. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям, ИТС 1 – 2015, «Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона» Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, Москва Бюро НДТ 2015.
3. Кирван М. Упаковка на основе бумаги и картона: пер. с англ. В. Е. Ашкинази; науч. ред. Э. Л. Аким, Л. Г. Махотина. – СПб.: Профессия, 2008. – 488с.
4. Научные основы химической технологии углеводов / [А.Г. Захаров и др.]; М. Издательство ЛКИ, 2008. 528с.
5. Прогноз развития лесного сектора Российской Федерации до 2030 года: Рим: ЕЭК ООН, 2012. - 106с.
6. E. Hansen, R. Panwar, R. Vlosky. «The Global Forest Sector : Changes, Practices, and Prospects» Taylor & Francis Group, 2014, NY, 462 p., ISBN: 978-1-4398-7927-6.
7. Forest-based Sector Technology Platform (FTP). Strategic Research and Innovation Agenda for 2020. Forest-based Sector Technology Platform (FTP). Annex to the Strategic Research and Innovation Agenda. CEPI.
8. [Forest Products Annual Market Review 2015-2016 - Forestry and Timber - UNECE](http://www.unece.org/forests/fpamr.html). <http://www.unece.org/forests/fpamr.html>
9. National Research agenda 2007-2030. Russian forest-based sector. 2007.

ВОЛОКНИСТАЯ СУСПЕНЗИЯ ИЗ СТЕКЛЯННЫХ ВОЛОКОН ДЛЯ ИСПАРИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОХЛАДИТЕЛЕЙ ВОЗДУХА Дубовой Е.В.

Санкт-Петербургский политехнический университет имени Петра Великого
Ковернинский И.Н., kovern@list.ru
Научно-промышленная компания «Бумага и картон»

Известно, что ключевым конструкционным и технологическим элементом аппаратов охлаждения воздуха испарительного типа является гидрофильный микропористый материал (МПМ) [1-2]. В аппаратах осуществляется наиболее простой, доступный, ресурсосберегающий и экологически безопасный метод охлаждения воздуха прямого испарения. Охлаждение воздуха происходит адиабатически эндотермическим эффектом испарения воды с поверхности МПМ. Одновременно охлаждаемый воздух увлажняется.

Главной функцией МПМ является непрерывный перенос воды из резервуара путем капиллярной впитываемости в зону испарения со скоростью и массой, обеспечивающими ее расход при испарении. Анализ применения известных материалов позволил определить основные факторы и интервалы, которым должен удовлетворять МПМ для высокоэффективного испарительного охлаждения воздуха. Одним из перспективных МПМ является бумага из

стеклянного волокна, полученная по модифицированной бумагоделательной технологии. Основные требования к бумаге следующие:

а) водопоглощение – предельная масса воды, которую способен удерживать 1 г материала, 100-200%;

б) скорость капиллярного подъема воды, 18–20 см за 30 мин.;

в) водостойкость, биостойкость, хемостойкость; отсутствие заметного влияния набухания, воздействия микроорганизмов и грибков, солей жесткости воды, вымывания компонентов материала на стабильность работы между заменами;

г) легкость механической обработки – резки на форматы, рифления, гофрирования для придания иной необходимой эффективной конструктивной формы.

По данным научных работ [3-5], указанные требования к МПМ определяются свойствами стеклянного волокна, применяемым связующим и массой 1 м² материала. Изготовление МПМ в виде бумажного листа по классической бумагоделательной технологии основывается на подобию свойств целлюлозного и стеклянного волокна. Основными подобными свойствами являются волокнистая форма и гидрофильность стеклянного волокна, предопределяющие формование листов на сетке бумагоделательной машины (БДМ) из волокнистой суспензии.

Дисперсные характеристики бумажной массы. Фактический состав бумажной массы из стеклянных волокон по агрегатному состоянию соответствует дисперсной гетерогенной системе типа ТВ (твердая фаза)/Ж (жидкая фаза). Дисперсионной средой является вода. Твердая фаза представлена стеклянными волокнами различного диаметра и длины, которую в данной работе целесообразнее характеризовать удельной поверхностью - $S_{уд}$ (м²/г). Наиболее подходящим для производства гидрофильных МПМ в виде бумаги является штапельное стеклянное волокно с диапазоном диаметров 0,1-0,6 мкм (100-600 нм) и длин 1,0-6,0 мм. Удельная поверхность волокон (по сорбции азота, метод БЭТ) может достигать 50 м²/г. Содержание волокна в массе при отливе бумаги составляет 0,01- 0,3%. Обязательным компонентом волокнистой массы для повышения прочности межволоконных связей является связующее, которое может иметь дисперсность молекулярную, коллоидную или суспензионную, в зависимости от химической природы связующего. Содержание связующего в массе 5-20%. Остальной компонент массы – вода [5-6].

Таким образом, по основному компоненту – волокну, бумажная масса обладает седиментационной неустойчивостью (как макрогетерогенная система по длине волокна 1,0-6,0 мм) и коллоидными свойствами (как микрогетерогенная система по диаметру волокна - от нанотонкого 100 нм до ультратонкого 600 нм). Причем, пределы диаметров волокна характерны минимальному размеру коллоидных частиц, граничащему с размерами частиц истинных растворов.

Межфазное взаимодействие волокна в бумажной массе. Интенсивность и глубина взаимодействия на межфазной поверхности «стеклянное волокно-вода»

определяется функциональными группами и морфологическими особенностями поверхности волокна. Природа активных реакционноспособных центров поверхности стеклянного волокна еще носит дискуссионный характер, но, очевидно, что они возникают в результате взаимодействия воды и основной массы поверхностных гигроскопичных силоксановых групп стекла по следующим механизмам:

а) гидролиз силоксановых групп до силаноловых групп, содержащих гидроксильные группы;

б) образование двойного электрического слоя (ДЭС);

Подтверждением данных механизмов являются работы [4-6], которыми установлена гигроскопичность волокна 7-20%, монослойное распределение (-ОН) групп на поверхности волокна и наличие электроотрицательного электрического потенциала.

Оба механизма создают предпосылки образования связи между волокнами двух типов – водородной и электростатической. Поскольку явления гидролиза и образования ДЭС существенно зависят от рН бумажной массы, то этот фактор учитывается при приготовлении бумажной массы из стекловолокна.

Исследованиями показано [6-7], что сила межволоконной связи в стекловолокнистой бумаге, без участия существенных добавок связующего, недостаточна для функциональной пригодности МПМ. Например, прочность на разрыв материала из стекловолокна диаметром 0,6-0,8 мкм составляет всего 40-60 кПа. Такой материал хрупок и при сильном сгибании трескается. Однако добавление в бумажную массу связующего значительно усложняет общую картину межфазного взаимодействия, но значительно повышает механическую прочность. Взаимодействие связующего с волокном начинается при первом контакте еще в массе, существенно активируя поверхность и создавая условия образования не только сравнительно слабых водородных связей, но и трудно разрушаемых прочных химических связей. Максимальное образование прочных не гидролизуемых связей для МПМ крайне важно, так как обеспечивает устойчивость внутренней структуры и механики элементов охлаждения при эксплуатации в условиях постоянного высокого водоудержания и влажности поверхности.

Особенности свойств стеклянного волокна в бумажной массе. Стеклянные волокна являются аморфными изотропно структурными телами цилиндрической формы, синтезированные из легкоплавких смесей оксидов неметаллов и металлов с преобладанием оксидов кремния. В воде не набухают, не фибриллируются, отличаются хрупкостью. Подготовка массы сводится к гидромеханическому укорочению волокна до требуемой средней длины, при сохранении диаметра волокна, развитию межфазного взаимодействия волокна и воды, образованию первичных продуктов реакции волокна и связующего.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анохин В.А., Макаровец Н.А., Свиридов Е.Б. и др. Капиллярно-пористые материалы для охладителей воздуха косвенно-испарительного типа. Методы получения, структура и свойства. Новый высокоэффективный материал / В.А. Анохин, // Интеграл. – 2009. – №2 (46). – С. 14-16.

2. Е. Б. Свиридов, Н. В. Сысоева, В. К. Дубовый, А. И. Безлаковский. Природный потенциал охлаждения. Энергосберегающая экологически безопасная технология охлаждения воздуха широкомасштабного применения/ Е. Б. Свиридов и др. – 2-е изд., доп. – СПб., 2015. – 256 с.

3. Сиркар А. Знакомство со стекловолокном и технологией его производства с использованием процесса создания нетканых материалов / А. Сиркар // TAPPI JOURNAL/-1993. v.76. №4. -С.167-175.

4. Дубовый В.К. Стекланные волокна. Свойства и применение / В.К. Дубовый. – СПб.: Изд-во Нестор, 2003.- 130 с. –ISBN 5-303-00102-4.

5. Баранова, В.Н. Стекланные волокна в производстве бумаги / В.Н. Баранова // Бумажная промышленность, -1971, -№1, -С.18-20.

6. Дубовый, В.К. Бумагоподобные композиционные материалы на основе минеральных волокон/Дубовый В.К.//докторская диссертация - СПб, СПбГЛТА, 2006 г.

7. Дубовый, В.К. Фильтровальные материалы на основе минеральных волокон для сверхтонкой очистки газоздушных сред/Дубовый В.К.//кандидатская диссертация - СПб, СПбГЛТА, 1998 г

ОЦЕНКА СВЯЗИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ И ИННОВАЦИОННОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

ЗАХАРЕНКОВА И.А., irina_hs@bk.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

ИГОТТИ И.Н., igotti@yandex.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Анализ предприятий, успешно практикующих инновационную деятельность, показывает, что основным стимулом для разработки инноваций является желание и стремление руководства предприятия использовать стратегическое планирование и стратегическое управление для более успешного развития своего предприятия. Инновационная деятельность на таких предприятиях является естественной составляющей стратегии.

Можно выделить несколько ключевых характеристик инновационной составляющей российской экономики [1].

1. Существует перекоп в сторону государственного сектора в сфере исследований и разработок. Большая часть уставного капитала в компаниях, занимающихся научными исследованиями и разработками, приходится на федеральные органы исполнительной власти - 81,7%, тогда как на коммерческие предприятия - 15,1% при средних цифрах по экономике 14,9% и 66,3% соответственно.

2. Сумма расходов на НИОКР на предприятиях невелика.

3. Расходы на НИОКР отличаются низкой эффективностью. Оценки уровня использования отечественных научных разработок в реальной экономике (то есть уровень коммерциализации разработок) составляют по разным источникам от 1 до 10%, что может свидетельствовать как о низкой отдаче НИОКР, так и о том, что значительная часть научных разработок представляет собой бумажные отчеты, не пригодные для коммерциализации.

4. Россия позиционируется как страна, в которой инновации внедряются в производство очень медленно. Зачастую это связано с отсутствием квалифицированных научных кадров, работающих в производственной сфере.

5. Только очень крупные предприятия сегодня могут справляться с проблемами среды и обладают ресурсами управления кризисами инвестиционного климата.

Из инновационной экономики выталкиваются малые и средние предприятия, которые в других условиях могли бы внести существенный вклад в генерирование творческих идей, которые, в конечном счете и являются основным двигателем инноваций. Статистика показывает, что в сфере НИОКР уменьшается число малых фирм. Более того, многие из оставшихся на рынке малых инновационных компаний перепрофилировались в более рентабельные, чем наука и научное обслуживание, сферы деятельности [1].

В мировой практике одним из ключевых источников финансирования инновационных проектов является фондовый рынок. Российский рынок по объективным причинам не в полной мере справляется с данной задачей.

Один из ключевых вопросов, который возникает при анализе структуры российской экономики - взаимосвязь между инновационностью отрасли и ее конкурентоспособностью. Предварительный анализ конкурентоспособности отраслей российской промышленности показал ее неоднородность.

Итоги анализа ситуации в конкретных отраслях позволят на практике продемонстрировать существующую связь между уровнем инновационности отрасли и ее конкурентоспособностью. Количество рассматриваемых отраслей искусственно ограничено в связи с тем, что статистика по уровню инноваций в отрасли представлена в разрезе ОКВЭД, по «крупным» отраслям. Анализ секторов проводился по трем показателям, сочетание которых позволяет оценить инновационность отрасли в целом, а также более подробно охарактеризовать ее инновационное ядро [2]:

1) уровень инновационности отрасли, исходя из удельного веса организаций промышленности, осуществлявших технологические инновации (таблица 1);

2) уровень инновационности отрасли, исходя из доли отгруженной инновационной продукции в процентах от общего объема отгруженной продукции организаций, осуществляющих технологических инноваций (таблица 2);

3) уровень инновационности отрасли исходя из удельного веса затрат на технологические инновации в общем объеме отгруженной продукции организаций промышленности, осуществлявших технологические инновации (таблица 3).

Среди выбранных отраслей большинство относится к группе со сравнительно высокой конкурентоспособностью и сравнительно низкой инновационностью. Вторая группа – несколько менее конкурентоспособная, но инновационно ориентированная.

Можно выделить группу из четырех отраслей со средним уровнем инноваций и достаточно высоким уровнем конкурентоспособности и две отрасли с аналогичным уровнем конкурентоспособности и еще более высокой долей инновационной продукции в общем объеме производства.

4) Анализ данных по предприятиям отрасли, осуществляющим технологические инновации, свидетельствует о наличии инновационного ядра даже в неинновационных отраслях. Наиболее ярким примером может стать пищевая и целлюлозно-бумажная промышленность. При этом наиболее конкурентоспособные отрасли – это отрасли с наименьшим уровнем инноваций.

Анализ трех показателей позволяет сделать следующие выводы. К лидерам по инновационности из рассмотренных отраслей можно отнести автомобилестроение, транспортное машиностроение, химическое и нефтехимическое производства. Однозначный аутсайдер по инновационности – добыча полезных ископаемых, что в определенной степени связано со спецификой оценки через инновационный продукт. Продукция отрасли не может быть отнесена к инновационной, но отрасль предъявляет спрос на инновационные продукты - новые технологии, инновационное оборудование и прочее.

С остальными ситуация более сложная. Для ряда отраслей характерно четко выраженное инновационное ядро (пищевая промышленность, целлюлозно-бумажная промышленность), при достаточно низкой инновационности отрасли в целом.

Главный вывод - однозначной связи уровня конкурентоспособности с инновационностью отрасли нет. При этом отслеживается, скорее, наличие обратной связи – доля инновационных расходов выше на неконкурентоспособных предприятиях, что напрямую относится, например, к целлюлозно-бумажной промышленности.

Таблица 1

Оценка уровня инновационности отрасли, исходя из удельного веса предприятий с технологическими инновациями

Уровень конкурентоспособности	Уровень инновационности			
	Лидеры	высокий	средний	низкий
		Химическое и нефтехимическое производство	Металлургия	Добыча полезных ископаемых <i>Целлюлозно-бумажная промышленность</i>
Средний класс	Автомобилестроение Транспортное машиностроение	-	<i>Обработка древесины и производство изделий из дерева</i> Пищевая промышленность	
	Аутсайдеры	-	-	Швейная промышленность

Таблица 2

Оценка уровня инновационности отрасли, исходя из доли отгруженной инновационной продукции от общего объема отгруженной продукции предприятий с технологическими инновациями

Уровень конкурентоспособности	Уровень инновационности			
		высокий	средний	низкий
	Лидеры		Химическое и нефтехимическое производство <i>Целлюлозно-бумажная промышленность</i>	Металлургия Добыча полезных ископаемых
Средний класс	Автомобилестроение	Транспортное машиностроение <i>Обработка древесины и производство изделий из дерева</i> Пищевая промышленность	-	
Аутсайдеры	-	-	Швейная пр-ть	

Таблица 3

Оценка уровня инновационности отрасли исходя из удельного веса затрат на технологические инновации в общем объеме отгруженной продукции предприятий с технологическими инновациями

Уровень конкурентоспособности	Уровень инновационности			
		высокий	средний	низкий
	Лидеры	<i>Целлюлозно-бумажная промышленность</i>	Металлургия Химическое и нефтехимическое производство	Добыча полезных ископаемых
Средний класс	<i>Обработка древесины и производство изделий из дерева</i>	Автомобилестроение Транспортное машиностроение	-	
Аутсайдеры	Швейная промышленность	Пищевая промышленность	-	

С остальными ситуация более сложная. Для ряда отраслей характерно четко выраженное инновационное ядро (пищевая промышленность, целлюлозно-бумажная промышленность), при достаточно низкой инновационности отрасли в целом.

Главный вывод - однозначной связи уровня конкурентоспособности с инновационностью отрасли нет. При этом отслеживается, скорее, наличие обратной связи – доля инновационных расходов выше на неконкурентоспособных предприятиях, что напрямую относится, например, к целлюлозно-бумажной промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разработка и принятие решения в управлении инновациями: учеб. Пособие / И.Л. Туккель, С.Н. Яншин, С.А. Макаров, Е.В. Кошелев, - СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 352 с.
2. Коршунов И.А., Трифилова А.А. Современный инновационный менеджмент //

ВЛИЯНИЕ ПОЛИАЛКИЛСИЛИКОНАТА НАТРИЯ НА ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ ЧЕРНЫХ ЩЕЛОКОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Казаков В. Г. k64089@yandex.ru, Федорова О. В. odo.gturp@mail.ru, Субботина К. О. katrinsubbotina@yandex.ru

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая школа технологии и энергетики

Как известно, в процессе упаривания слабых черных щелоков в производстве сульфатной целлюлозы отмечается сильное пенообразование, которое приводит к снижению производительности упаривания и загрязнению вторичного пара вскипания. Предотвращение пенообразования и его подавление является актуальной задачей. Возникновение пены при упаривании черного щелока является следствием наличия в нем сульфатного мыла и органических соединений типа лигнина и др. углеводородных соединений. Предполагалось, что проведение упаривания черного щелока в присутствии жидких полиалкилсиликонатов натрия приведет к изменению его поверхностных свойств.

Следует отметить, что физико-химические процессы, связанные с образованием и разрушением пены, сложны и не до конца выяснены. Предполагается что вследствие несовместимости силиконов со многими органическими веществами, в результате низкого поверхностного натяжения могут получаться дефекты в структуре пены, что вызывает разрушение пузырьков и оседания пены.

Кремнийорганические соединения способны образовывать пленки, которые обладают сильными антиадгезионными свойствами, увеличивают контакт поверхности с водой, а также гидрофобизируют поверхности нагрева. Для поддержания устойчивой пленки кремнийорганического полимера на поверхности необходимо вблизи стенки сформировать концентрированный слой агрегатов.

В связи с этим, нами были проведены исследования по определению поверхностного натяжения кремнийорганического полимера различной концентрации с растворами черных щелоков сульфатного производства.

Наиболее доступными для экспериментального измерения поверхностного натяжения являются системы жидкость-газ и жидкость-жидкость. Существующие методы дают возможность измерить поверхностное натяжение при неподвижной межфазной поверхности (статические) и при движущейся поверхности (динамические). Метод отрыва кольца - это классический метод для определения поверхностного межфазного натяжения, который основан на измерении максимального усилия для отрыва кольца с известной геометрией (длиной смачивания), сделанного из хорошо смачиваемого материала (угол смачивания равен 0°).

Растворы изготовлены разной концентрации от 0,5 до 15% в мерных колбах на 50 см³ и затем методом Дю-Нуи измеряли поверхностное натяжение. Поверхностное натяжение исследуемого раствора σ_p рассчитывали по формуле

$$\frac{\sigma_p}{\sigma_0} = \frac{n_p}{n_0}, \quad (1)$$

где σ_p – поверхностное натяжение воды на границе с воздухом; n_0 – показание шкалы лимба при отрыве кольца от поверхности дистиллированной воды; n_p – показание шкалы лимба при отрыве кольца от поверхности исследуемого раствора (среднее из 3-5 определений).

По полученным результатам строится изотерма поверхностного натяжения $\sigma = \sigma(C)$, где C – концентрация раствора %.

По полученным данным (рис.1) приведена изотерма поверхностного натяжения.

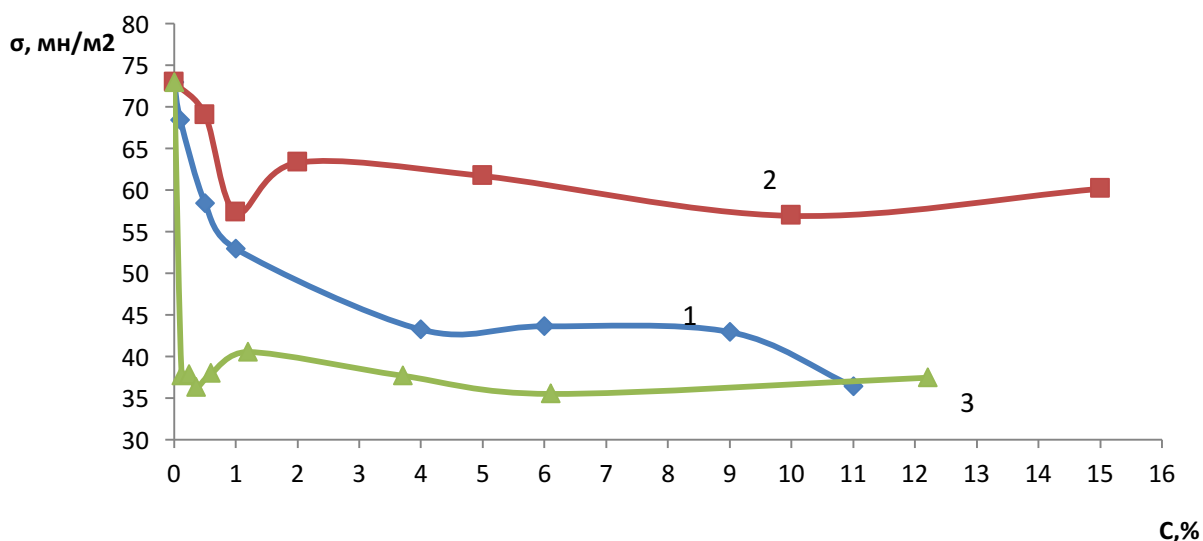


Рис.1. Изотерма поверхностного натяжения. 1 - зависимость поверхностного натяжения черного щелока при его различных концентрациях; 2 - зависимость поверхностного натяжения кремнийорганического полимера при его различных концентрациях; 3 - зависимость поверхностного натяжения черного щелока с добавкой кремний органического полимера при различных концентрациях полимера.

Исходя из полученных данных, можно заключить, что кремнийорганический полимер не имеет свойств поверхностно-активных веществ, так как поверхностное натяжение его изменяется незначительно, но он обладает способностью к образованию агрегатов.

В эксперименте установлено, что характер кривых 100% кремнийорганического полимера и черного щелока с добавкой полимера идентичен. Поверхностное натяжение по величине для черного щелока с добавкой полимера (кривая 3) существенно ниже, чем черного щелока (кривая 2) без добавки полимера.

Силиконы как гасители пены проявляют эффект при очень низких концентрациях. В наших условиях минимум изменения поверхностного натяжения отмечается уже при долях процента. По-видимому, этот предел и является рабочим для гашения пены.

ЛИТЕРАТУРА

1.Бажант В., Хваловский В., Ратоуски И. Силиконы, Из-во: М. Госхимиздат, 1960 г. 712 с.;

2. [Джесси Рассел](#) Силиконы, Из-во: М. [Книга по Требованию](#), 2013 г., 141 с.;
3. [Костылева Е.](#) Новые металлсодержащие кремнийорганические соединения, Из-во: [LAP Lambert Academic Publishing](#), Германия, 2014 г., 124 с.

СОЗДАНИЕ МЕЛОВАННОГО КРАФТ-ЛАЙНЕРА НА ОСНОВЕ НЕБЕЛЕННЫХ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

Ю. А. Князева, yuliya.knyazeva.07@inbox.ru, Л. Г. Махотина, lusi_makhotina@mail.ru

Высшая школа технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна

В настоящее время в мире производится свыше 400 млн. т. бумаги и картона [1]. Наиболее массовыми видами являются бумага для печати и тароупаковочные целлюлозно-композиционные материалы. Одним из наиболее востребованных материалов для производства упаковки является гофрокартон, который состоит из плоских слоев и гофрированного слоя – флутинга. В мире при производстве плоских слоев – лайнера, в основном, используют вторичное волокно. В России, в большей степени, используют первичное волокно: смесь небеленой сульфатной целлюлозы с полуцеллюлозой или механической древесной массой. Для придания оптических и печатных свойств верхний слой крафт-лайнера изготавливают из беленых видов целлюлозы. Иногда затем его мелуют. Однако такой лайнер значительно дороже, что в свою очередь приводит к удорожанию гофрокартона и гофротары.

Одним из возможных способов, обеспечивающих получение материала для плоского слоя с высокими печатными и оптическими свойствами является нанесение меловального покрытия непосредственно на крафт-лайнер, изготовленный из небеленых волокнистых полуфабрикатов. В настоящее время такой материал и его технология в промышленных масштабах в России отсутствуют. Замещение беленых полуфабрикатов небелеными волокнами позволит значительно снизить себестоимость готовой продукции вследствие уменьшения энергетических и экономических затрат, что является одной из актуальных задач для промышленности в настоящее время.

Для разработки композиции картона-основы использовали сульфатную хвойную целлюлозу, товарную продукцию филиала ОАО «Группа «Илим» в г. Коряжма, размолотую до 35 ° ШР и нейтральную сульфитную полуцеллюлозу (НСПЦ), размолотую до 40 ° ШР. Были изготовлены отливки с различным процентным соотношением Целлюлоза/НСПЦ для выбора композиции по волокну [2].

Исследование свойств бумажной массы (Рис. 1) и отливок (Рис. 2) показало, что увеличение доли НСПЦ в смеси приводит к снижению скорости обезвоживания и водоудерживающей способности, происходит падение сопротивления разрыву и практически полная потеря воздухопроницаемости. Однако при содержании НСПЦ до 60 % наблюдаются достаточно высокие значения сопротивления разрыву (Рис. 2). Поэтому для дальнейшей работы была выбрана композиция по волокну Целлюлоза/НСПЦ = 60/40 % при степени

помола для целлюлозы – 35 °ШР, НСПЦ 40° ШР [2].

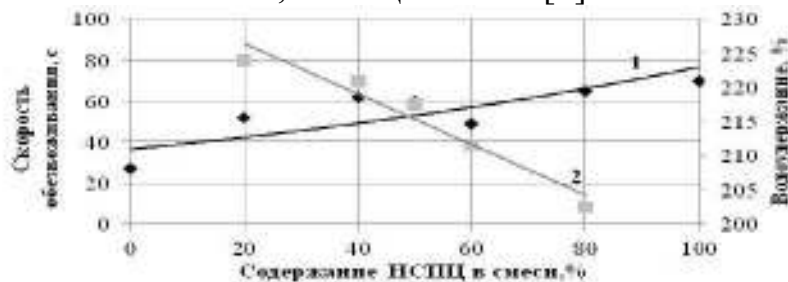


Рис. 1. Влияние соотношения Целлюлоза/НСПЦ на изменение показателей скорости обезвоживания и водоудерживающей способности: 1 – скорость обезвоживания, с; 2 – водоудерживающая способность, %

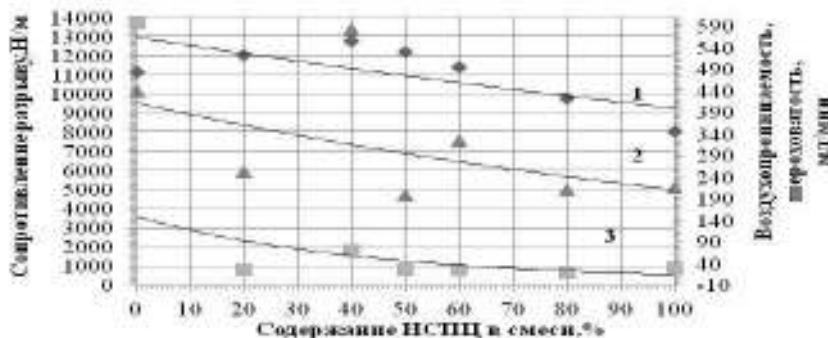


Рис. 2. Влияние соотношения Целлюлоза/НСПЦ на физико-механические и печатных свойства: 1 – сопротивление разрыву, Н/м; 2 – шероховатость, мл/мин, 3 – воздухопроницаемость, мл/мин

По разработанной композиции были изготовлены отливки картона-основы, на которые было нанесено меловальное покрытие.

Для нанесения покрытий была использована лабораторная меловальная установка фирмы Sumet-Messtechnik, обладающая возможностью легкой замены узлов и возможностью выбора способов нанесения: пленочный пресс, шаберное лезвие, тем самым позволяя в лабораторных условиях имитировать промышленные технологии мелования.

Для приготовления меловальной суспензии использовали различные виды карбоната кальция, предоставленные компанией OMYA: Setacarb, имеющий 97 % частиц меньше 2 мкм и Covercarb, имеющий 94 % частиц меньше 2 мкм и более крутую кривую распределения, в качестве сравнения была приготовлена меловальная композиция на основе карбоната кальция 90 [3].

Исследование влияния пигментов на оптические свойства картона-основы показало, что наибольшее значение белизны 59% обеспечивается при использовании CoverCarb (Рис. 3).

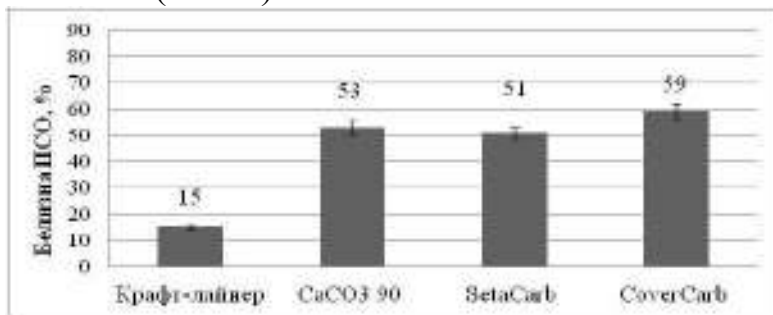


Рис. 3. Влияние пигментов на оптические свойства мелованного крафт-лайнера

Такой характер влияния CoverCarb на оптические и печатные свойства связан с тем, что он имеет однородное распределение частиц, по размерам. Это приводит к образованию плотного однородного покрытия, с высокой гладкостью и кроющей способностью [3].

Введение в меловальную композицию оптического отбеливателя привело к повышению белизны до 85% (Рис. 4). Такое значение белизны соответствует белизне топ-лайнера с верхним слоем из беленой целлюлозы.

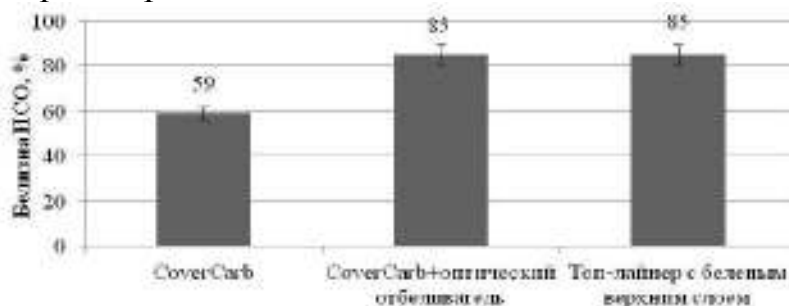


Рис. 4. Влияние оптического отбеливателя на белизну крафт-лайнера

Таким образом, на основании проведенных экспериментов показана возможность применения меловальных составов на основе карбоната кальция торговой марки «CoverCarb», обеспечивающих высокую кроющую способность.

Весь эксперимент позволил разработать и создать мелованный крафт-линейер на основе небеленых волокнистых полуфабрикатов, в производстве которого отсутствует стадия отбеливания целлюлозы.

Таким образом, подобрана композиция картона-основы по волокну Целлюлоза/НСПЦ = 60/40 % при степени помола для целлюлозы – 35 ° ШР, НСПЦ 40° ШР.

Мелование картона-основы позволяет выйти на белизну 85 % при использовании специальной подобранной меловальной композиции.

Отсутствие стадии отбеливания позволит получить материал для производства лайнера с меньшим воздействием на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ежегодный обзор рынка лесных товаров: аналит. обзор, 2011-2012 / ЕЭК ООН(ФАО), Нью-Йорк и Женева, 2012. 240 с.
2. Князева, Ю.А. Влияние композиции бумажной массы на показатели качества крафт-лайнера [текст] / Ю.А. Князева, В.Н. Иванова, Л.Г. Махотина // Перспективы развития техники и технологий в целлюлозно-бумажной промышленности: материалы II Всероссийской отраслевой научно-практической конференции. – 2014. – Пермь: «Пермский ЦНТИ». – С. 56-61.
3. Князева, Ю.А. Технология повышения печатных и оптических свойств целлюлозных композиционных материалов из небеленых волокнистых полуфабрикатов путем нанесения меловальных покрытий [текст] / Ю.А. Князева, Л.Г. Махотина // Дизайн. Материалы. Технология. – №5. – 2015. – СПб: изд-во ун-та Технологии и дизайна. – С. 41-43.

ОТХОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ МАКУЛАТУРЫ И ИХ УТИЛИЗАЦИЯ

Ковалева О.П., lta_cbp@mail.ru, Крылов В.Н., lta_cbp@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Радикальное переосмысление перспектив развития целлюлозно-бумажной промышленности, происходящее в настоящее время, формирует новый подход к будущему не только промышленности в целом, но и каждого отдельного предприятия. Промышленность будет преобразована в комплексные производства, в которых бумага станет лишь одним из их многочисленных продуктов.

Мировые тенденции показывают, что сокращение поступления в окружающую среду загрязняющих веществ должно быть основано, прежде всего, на применении наилучших доступных технологий (НДТ). Понятию «наилучшие доступные технологии» с точки зрения загрязнения окружающей среды отвечают технологические процессы, апробированные в мировой практике, т.е. технически достижимы, и характеризуются наименьшими объёмами промышленных выбросов. Поэтапная эколого-технологическая реконструкция должна обеспечить устойчивое развитие целлюлозно-бумажной промышленности и выполнение жестких экологических требований.

Известно, что использование макулатуры решает, в первую очередь, проблемы сокращения объёмов мусора, поступающих на свалки, не менее, чем на 50%, и экономию древесного сырья для получения волокнистых полуфабрикатов, используемых в производстве бумаги и картона.

За последние 40 лет в системе «greenfield» не построено ни одного нового целлюлозного завода, в то же время введено в эксплуатацию более двух десятков бумажных фабрик, работающих на вторичном волокнистом сырье. Производство бумаги и картона из макулатуры характеризуется небольшими капиталовложениями, высокой рентабельностью и малым сроком окупаемости, по сравнению с целлюлозным заводом.

Применение ресурсосберегающих технологий, каковой является переработка макулатуры, кроме положительных моментов имеет и свои отрицательные стороны. Прежде всего, это связано с включением новых технологических циклов на предприятии с применением химических веществ, а также образованием отходов процессов переработки макулатуры.

Отходы от переработки макулатуры можно разделить условно на две группы. Первая связана с использованием химикатов, добавляемых при разволокнении макулатуры: пероксид водорода (1%), гидроксид натрия (0,75%), силикат натрия (1,25%), комплексоны ДТПА (0.25%), жирные кислоты - 0.08%. При переработке книжно-журнальной макулатуры и при облагораживании макулатурной массы (DIP) в оборотную воду бумажной фабрики поступают: частицы печатной краски и минеральных веществ (глина, тальк, диоксид титана) – до 30%, жирные кислоты и их производные до 20%, полимерные материалы - до 20%; углеводородные масла - 7%; остальное – мелкие волокна и неидентифицированные материалы.

Вторая группа: при использовании вторичного волокнистого полуфабриката на поверхностях технологического оборудования и одежде бумагоделательных машин образуются отложения, представляющих собой осадок из полимерных компонентов (липкие вещества - stikes). В осадках обнаружено значительное количество мыл. Возникла проблема механических (накипь) и биологических (смолы и слизь) отложений на оборудовании и трубопроводах.

Таким образом, отходы при переработке макулатуры составляют 16% (сухие вещества), из них 50% - горючие вещества. Зола и отходы процесса облагораживания (deinking) содержат тяжёлые металлы. Кроме того, при сжигании отходов переработки макулатуры выделяются хлорорганические вещества, также оказывающие неблагоприятное воздействие на окружающую среду.

С учетом многокомпонентности образующихся отходов переработки отходов существует только один экологически приемлемый, но не всегда экологически эффективный – это сжигание. Если использовать методы сжигания отходов переработки макулатуры, то надо учитывать, что отходы переработки макулатуры содержат тяжелые металлы, которые будут присутствовать и в золе от сжигания шлама.

Факторами, ограничивающими возможность термической утилизации отходов, являются: высокая загрязнённость, низкая температура плавления некоторых отходов, наличие крупногабаритных включений и значительных колебаний насыпной плотности сжигаемых отходов. К приемлемым технологиям сжигания относят сжигание в кипящем слое. Основным достоинством термических методов является их относительно низкая стоимость.

Современные котлы с кипящим слоем для сжигания топлива с высоким содержанием влаги (шлам), разработанные фирмой Andritz, уже установлены на ряде бумажных предприятий, и позволяют сжигать до 7,5 т/час шлама завода, перерабатывающего макулатуру. Для розжига используется природный газ. В результате сжигания шлама наблюдается низкий выброс парниковых газов, размеры частиц которых соответствуют требованиям по предельно-допустимым концентрациям.

К ВОПРОСУ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КАДРОВ ДЛЯ ЦБП РОССИИ

Крылов В.Н., lta_cbp@mail.ru, Ковалева О.П., lta_cbp@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

В ЦБП России на протяжении уже четверти века наблюдается острый дефицит профессиональных кадров.

В настоящее время осуществлен переход вузов на Болонскую систему подготовки бакалавров и магистров. При этом количество бюджетных мест в магистратуре в 7 раз меньше, чем в бакалавриате, а магистры ориентированы на научно-педагогическую деятельность, причем в системе бакалавриата объём

профессиональных дисциплин составляет 25-30% учебного плана по сравнению с 55-60% при подготовке инженеров.

Отрицательный вклад вносит и организация производственной практики: вузы из-за скудного бюджета не могут оплачивать их достойное содержание. Владельцы частных предприятий обычно не заинтересованы в практике студентов вузов, т.к. не уверены в их дальнейшей работе по специальности, в том числе на данном предприятии. Кроме того, непродолжительный срок прохождения практики (2-4 недели) не позволяет оформить студентов на временную работу.

По окончании вуза выпускнику не гарантируют трудоустройство с заранее известным социальным пакетом (проезд, жилье, подъемные). В итоге государство оплачивает из налогов предприятий получение вузовского диплома будущему технологу ЦБП, который начинает работать в любом сегменте рынка.

Ситуация с подготовкой инженерных кадров для российской ЦБП угрожающе негативная. В советское время высшие учебные заведения страны ежегодно выпускали 360 специалистов с дипломом «инженер химик-технолог целлюлозно-бумажного производства» в девяти вузах страны, в настоящее время – около 120 человек в год, при этом трудоустраиваются в отрасли не более 40 выпускников с дипломом бакалавра и магистра технологии химической переработки древесины.

Целлюлозно-бумажная отрасль включает 225 предприятий с общим количеством работников около 105 тыс. человек (данные 2014 г.). При усредненном сроке продолжительности работы специалистов-технологов 35 лет ежегодно выбывает 180 человек, дефицит составляет 140-200 специалистов в год, который восполняется выпускниками колледжей или другими работниками непрофильной подготовки.

В ближайшие 3-5 лет планируется строительство новых крупных целлюлозно-бумажных комбинатов (в Красноярском крае и в Вологодской области) общим объемом производства более 2,7 млн. тонн по целлюлозе, что соответствует сегодняшнему объёму товарной целлюлозы в РФ. А где взять технологов для этих предприятий?

Рынок труда для молодых специалистов существует, и с каждым годом потребность в них будет только возрастать. С другой стороны, основным привлекательным фактором является уровень заработной платы, также немаловажны соотношение оценки и условий труда, наличие социального пакета, бытовые условия жизни и т.п.

К сожалению, оплата труда на предприятиях ЦБП, как правило, не выходит за рамки средних показателей по каждому региону по сравнению с другими промышленными отраслями. Поскольку данные предприятия находятся в провинции, где зарплата всегда ниже, чем в мегаполисах, её размер не привлекателен для студентов – выпускников вузов.

Низкий социально-культурный уровень жизни в провинции, а также отсутствие возможности смены работы в монопоселке, и ограничение перспективы карьерного роста по сравнению с работой в мегаполисе добавляют

негативный фактор в выборе будущей деятельности именно на ЦБК. В 2014 году из 72 тыс. студентов, приехавших в вузы г. Санкт-Петербурга из провинции, после окончания осталось работать в мегаполисе 64 тыс. (88%). Данному факту способствуют отсутствие распределения с гарантированным трудоустройством по специальности, а также приобретение жилья и переезд всей семьи из провинции в город. В результате государство оплачивает бесплатную учебу студентов с получением специальных знаний, а они потом работают не по профессии в мегаполисе.

Создается впечатление, что собственники и топ-менеджеры целлюлозно-бумажной отрасли заняли наблюдательную позицию, руководствуясь следующим принципом: мы исправно платим все налоги, поэтому государство должно обеспечить уровень, качество и количество подготовленных специалистов. К сожалению, государству Ваши переживания не интересны!

До 90-х годов прошлого столетия функции контроля по количеству и качеству подготовки инженеров выполняли отраслевые министерства (Минбумпром и Минлеспром) совместно с Минвузом. Мониторинг потребности в кадрах никто не делает, так как количество студентов на протяжении последних 10 лет снижается: в 2 раза уменьшен контингент студентов в СПбГЛТУ, закрыты кафедры в Пермском политехническом и Красноярском университетах и т.д. В то же время в массовой прессе и на телевидении отсутствует позитивная информация о работе в целлюлозно-бумажной отрасли («бумага – хлеб культуры»), помогающая определиться абитуриентам с выбором будущей профессии.

В постперестроечный период большинство инициативных, энергичных и талантливых преподавателей ушло в бизнес, некоторые из них эмигрировали. Средний возраст преподавателей сегодня на многих вузовских кафедрах – глубоко пенсионный.

Система бюджетирования расходов на обучение в вузах нашего профиля по принципу «один студент – 66 тыс. руб. в год» вынуждает профессорско-педагогический состав «тащить» нерадивого студента до выпускной работы. Поскольку сокращение приёма абитуриентов на инженерные специальности приводит к сокращению количества преподавателей, то, при низкой оплате профессорско-преподавательского состава – отсутствует преемственность знаний. Поколение учителей-профессионалов уходит, молодых преподавателей - нет, мы не знаем даже, кому передать знания, кому передать библиотеку прежних поколений!

Собственники и топ-менеджеры должны, наконец, осознать масштабы начала катастрофы высшего образования. Мировой опыт организации качественного высшего образования подсказывает следующее: необходимо создавать Наблюдательный и Попечительский советы в институтах из числа собственников и топ-менеджеров предприятий отрасли. При этом предпочтительным является то, чтобы в состав этих общественных организаций входили выпускники данного вуза, где они создаются.

Задача Наблюдательного совета – привести в соответствие образовательные программы с реалиями производства и определить количество будущих специалистов для удовлетворения потребности предприятий в кадрах.

Задача Попечительского совета – помощь вузу в организации производственной практики на рабочих местах конкретных производств. За 2 года до окончания вуза студент должен с помощью Попечительского совета определиться с трудоустройством на предприятии отрасли.

В 2017 году кафедра целлюлозно-бумажного производства и биотехнологии Санкт-Петербургского Государственного Лесотехнического Университета начнет осуществлять подготовку бакалавров по направлению 18.03.01 «Химическая технология» по профилю «Целлюлозно-бумажное производство», ориентированных на прикладной вид деятельности (*прикладной бакалавриат*) и отраслевой рынок труда. В соответствии с программой обучения студентам предстоит прохождение длительной производственной практики на предприятиях с получением квалификационных разрядов, категорий по профессии рабочего или должности служащего из номенклатуры отрасли.

В настоящее время производится отбор предприятий-партнеров, на основании заказа которых должна быть сформирована образовательная программа прикладного бакалавриата. Новая программа обучения в очно-заочной и сетевой форме позволит избежать от недостатков в подготовке бакалавров в сравнении с подготовкой инженеров.

Высокое качество вузовского образования может быть достигнуто только при непосредственном участии предприятий в подготовке будущих кадров, включая разработку образовательных программ и организацию производственной практики.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ В ЦБП

Мосягин В.И. mr.vladimir1939@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

1. Система цен целлюлозно-бумажной промышленности выступает составной частью системы цен лесного комплекса и сложившейся в стране общей системы цен. Вместе с тем, отраслевая система цен сама по себе достаточно многообразна и сложна, характеризуется различными связями и имеет свои специфические особенности формирования. Целлюлозно-бумажная промышленность производит широкий спектр продукции. Основные из них – целлюлоза, бумага и картон, которые выпускаются в широком ассортименте и используются в десятках отраслях промышленности, производственной и непромышленной сфере.

2. Для целей ценообразования продукцию ЦБП целесообразно дифференцировать на три группы. Товары первой группы – это товары индивидуального потребления (тиссю, пищевая бумага, обои, потребительская упаковка из бумаги и картона и др.). С их помощью не производят других товаров; они предназначены непосредственно для населения. Товары второй группы - это товары, направляемые на дальнейшую переработку; спрос на них зависит от спроса на товары первой группы. К таким видам

продукции следует отнести: тарный картон, этикеточную бумагу, оберточную и мешочную бумагу (бумажные мешки), газетную бумагу, бумагу для печати (офсетная и типографская, переплетный картон и др.). Товары третьей группы – это товары, которые не предназначены для личного потребления и спрос на них не зависит от спроса на товары первой группы, (бумага и картон технического назначения, товарные волокнистые полуфабрикаты (целлюлоза, древесная масса)).

3. Ценообразование на продукцию ЦБП имеет свой отраслевой аспект и здесь важное значение имеет правильное использование методов ценообразования. Однако, справедливость требует признать, что до настоящего времени в отечественной целлюлозно-бумажной промышленности преобладают, так называемые, затратные методы ценообразования (полных прямых затрат, целевой прибыли, метод безубыточности и ОНЗТ). Нет необходимости оспаривать тот факт, что затратный подход стимулирует выбор наиболее оптимального с точки зрения окупаемости затрат варианта технологии производства и приобретений оборудования. Не маловажное значение имеет тот факт, что в основе затратных методов ценообразования лежат реальные издержки производства. Только производитель товара имеет исчерпывающую информацию о собственных издержках и принятия целевого решения, опирается на реальные и достоверные данные.

4. Следует признать, что при использовании затратных методов ценообразования по мнению участников рынков соблюдаются интересы производителей и потребителей, но, к сожалению далеко не всегда. Отсюда затратный подход к ценообразованию имеет существенные недостатки:

- использование затратных методов снижает конкурентную борьбу, а это, в свою очередь, приводит к утрачиванию стимулов минимизации затрат;
- привязывая цену к издержкам, производитель товара упрощает и ограничивает систему ценообразования; она находится в изоляции от конъюнктуры рынков;
- затратное ценообразования затруднено при широком ассортименте выпускаемой продукции и, в особенности, в комплексных производствах (каким является ЦБП), когда очень трудно определить точную себестоимость каждого продукта.

5. Более приоритетно в рыночных условиях является ценностное ценообразование, которое должно получить в целлюлозно-бумажной промышленности более широкое распространение. Ценностные (рыночные) методы ценообразования основываются на ценности (потребительских свойствах) товара, за которую покупатель готов платить. Данный подход принципиально отличается от затратного подхода. Если при затратном ценообразовании в качестве отправной точки принимаются затраты на производство и реализацию продукции, то при ценностном подходе при определении цены прежде всего учитывается спрос. Если в первом случае уровень цены формируется на основе себестоимости товара (с добавлением определенного размера прибыли), то во втором случае – требованием рынка. Потребительская оценка товара предполагает их дифференциацию с учетом технических параметров (эксплуатационных характеристик, экологических, эргономических, эстетических свойств и т.п.). В отечественной практике также все больше предпринимателей ЦБП ориентируются преимущественно на рыночные методы ценообразования (оценки спроса, текущих цен, оценки конкурентоспособности товара и др.)

6. В условиях рыночных отношениях ценностный подход практически никем не оспаривается, поскольку наиболее полно согласуется с требованиями рынка. Правда, высказываются некоторые негативные мнения, которые сводятся к двум моментам: сложности значения рыночных факторов и игнорированию реальных затратных ориентиров. С подобным мнением можно согласиться, но с некоторыми оговорками. Во-первых, рынок исследовать труднее, чем издержки. Но это обстоятельство не отрицает, а скорее наоборот, свидетельствует о необходимости развития и совершенствования рыночных методов ценообразования. Во-вторых, разумеется, желательно, чтобы цена покрывала себестоимость и целевую прибыль. Но, если цена определяется без связи с требованием рынка, то она может потерять реальность.

7. Предприятиям ЦБП можно рекомендовать для практического использования эконометрические методы ценообразования, позволяющие увязать затраты с ценностью товара, показать его двойственную природу и, тем самым, учесть интересы как производителя так и покупателя, а не интересы лишь одной стороны. Такой подход, базирующийся на синтезе затрат и ценности продукции может быть успешно использован в качестве основного метода формирования цены при проведении политики неценовой конкуренции, когда эффект от продаж достигается снижением цены на единицу потребительских свойств товара.

ОСОБЕННОСТИ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ ИНТРОДУЦИРОВАННОЙ СОСНЫ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕЕ В ЦБП

Попов А.В. anton.popov92@list.ru, Казаков Я.В. j.kazakov@narfu.ru, Бабич Н.А. n.babich@narfu.ru

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова

В настоящее время целлюлозно-бумажное производство является ведущей отраслью химической переработки древесины. Древесина северных пород, особенно хвойных, остается незаменимым сырьем для получения высококачественных видов бумаги благодаря своему уникальному сочетанию структурно-размерных и бумагообразующих свойств. Свойства и качество древесного сырья оказывают основное влияние на качество технической целлюлозы. Мировые лидеры в производстве целлюлозы все большее внимание уделяют искусственному выращиванию лесов, что ускоряет рост древесины и снижает производственные затраты на доставку сырья на предприятие.

В странах северо-западной Европы приобрело широкое распространение выращивание на плантациях пород древесины, прежде в этих районах не произраставших [1]. Хорошие результаты достигнуты при плантационном выращивании сосны скрученной, ареал природного произрастания которой составляют страны американского континента.

На территории Архангельской области проведены масштабные работы по изучению качественных показателей древесины сосны [1]. Тем не менее, несмотря на широкий размах и полученные результаты, качество древесины сосны в культурах на северной границе ее ареала освоено лишь фрагментарно. В частности, детального изучения требуют вопросы о влиянии географического



фактора, условий местопроизрастания, метода и первоначальной густоты создания культур, а также проводимых лесоводственных уходов на качество формирующейся древесины [2].

Североамериканская сосна скрученная выделяется быстрым ростом и превосходит сосну обыкновенную к 7-11 годам по высоте в 1,5 раза. Обгоняя и по темпам радиального роста, к 10 годам имеет в 4 раза больший объем ствола [6]. Сосна скрученная обладает быстрым ростом и хорошей сопротивляемостью к болезням и вредителям леса. Использование этого экзота в плантационном лесоводстве на обширных площадях обеспечит увеличение общего прироста древесины и приблизит время главной рубки древостоев.

Сравнение свойств дикорастущей сосны обыкновенной и выращенной в питомнике сосны скрученной осуществлено на образцах древесины отобранных в Архангельской области в одном регионе. Для химического анализа [5] использовалась измельченная в лабораторных условиях до фракции размером от 0,10 до 0,25 мм древесина. Определение содержания целлюлозы производилось азотно-спиртовым методом; лигнина – с 72% -ной серной кислотой в модификации Комарова; пентозанов – по фурфуролу. При определении экстрактивных веществ, растворимых в хлористом метиле и этаноле, экстракция проводилась в аппарате ускоренного действия. Результаты первичного анализа представлены в таблице.

Таблица

Сравнительная характеристика древесины дикорастущей и интродуцентной сосны

	Сосна скрученная интродуцированная	Сосна обыкновенная дикорастущая
Поперечный срез		
Физические свойства		
Возраст, лет	22	45
Диаметр ствола, см	15-17	15-17
Высота, м	5,5	5,5
Толщина коры, мм	2...3	2...10
Толщина годовых колец	Толщина не однородна и составляет в ядровой части 4...8 мм в заболони 1...3 мм	Толщина однородна по всему диаметру и составляет 0,5...1,5 мм
Плотность, кг/м ³	387	409
Смола	Слабое выделение при рубке, небольшое количество смоляных ходов	Интенсивное выделение при рубке, большое количество смоляных ходов

Химический состав		
Целлюлоза	49,8±2,0	50,9±2,0
Лигнин	24,6±1,5	25,9±1,5
Пентозаны	6,3±1,0	8,2±1,0
Зольность	0,16±0,05	0,20±0,05
Экстрактивные вещества, растворимые в		
Хлористом метиле	0,89±0,1	1,42±0,1
Этиловом спирте	1,06±0,1	1,87±0,1

Введение в лесопользование и переработку новых пород древесины с ускоренным ростом и повышенной продуктивностью позволит решить проблему обеспечения лесохимических предприятий высококачественными сырьевыми ресурсами. Полученные данные о физических свойствах и химическом составе древесины искусственного происхождения указывают на схожесть с дикорастущей. Дальнейшее исследование свойств волокон позволит оценить ее пригодность при производстве и получении высококачественных видов целлюлозы, бумаги и картона с заданными потребительскими свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дроздова И.И. Хвойные интродуценты в лесных культурах. –М.: МГУЛ, 1998.
2. Мелехов В.И., Бабич Н.А., Корчагов С.А. Качественные характеристики древесины сосны в культурах: учеб. пособие для вузов / Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2005. – 116 с.
3. Мерзленко М.Д., Бабич Н.А. Теория и практика искусственного лесовосстановления: учеб. Пособие / Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2011. – 239 с.
4. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы: учеб. пособие для вузов. –М.: Экология, 1991. –320 с.
5. Феклисов П.А., Бирюков С.Ю., Федяев А.Л. Сравнительные эколого- биологические особенности сосны скрученной и обыкновенной в северной подзоне европейской тайги / Архангельск: изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2008. – 118 с.
6. Hangner Stig. Pinus contorta: Sweden's third confer. "Forest Ecol. and Manag.", 1983, 6, n. 3, pp. 185–199.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ.

Раковская Е.Г., erakovskaya@yandex.ru, Занько Н.Г., nataliya_zanko@mail.ru,
Польская Д., darya.polskaya@yandex.ru
Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Производство сульфатной целлюлозы связано с образованием большого количества газовых выбросов, содержащих такие соединения как сероводород, метилмеркаптан, диметилсульфид и диметилдисульфид, оксиды серы и азота. Частицы уноса состоят в основном из минеральных солей сульфата натрия и карбоната натрия в виде пыли, уносимой из содорегенерационного котлоагрегата, а также частиц соединений натрия, увлекаемых в атмосферу из печи для обжига извести и плавильной печи. Сероводород и органические

сульфиды являются дурнопахнущими газами, легко обнаруживаемые при самых незначительных концентрациях (около нескольких частей на миллиард). Таким образом, борьба с дурнопахнущими веществами является одной из основных проблем при защите воздушного бассейна от газовых выбросов сульфатцеллюлозного производства. Объемы газа, выделяющиеся на единицу готовой продукции, весьма различны и определяются характером конкретных процессов. В большинстве случаев дымовые газы сульфатцеллюлозного производства содержат значительное количество водяных испарений.

Одним из основных источников выбросов является содорегенерационные котлоагрегаты. Практически все они оборудованы электростатическими фильтрами, являющимися весьма надежными и эффективными устройствами для очистки дымовых газов от содержащейся в них высокодисперсной пыли.

Запыленность газов на выходе находится на уровне $0,25 - 0,4 \text{ г/м}^3$. При появлении дефектов в техническом состоянии электрофильтров эффективность пылеулавливания существенно снижается, и запыленность газов на выходе может достигать до $1 - 3 \text{ г/м}^3$.

По основным конструктивным признакам электрофильтры характеризуются:

- горизонтальным ходом газов;
- металлическим или железобетонным корпусом;
- очисткой электродов путем встряхивания ударно-молотковым механизмом;
- сухим, с использованием скребково-винтовых механизмов и шлюзовых затворов, способом удаления золы или мокрым – с применением смыва золы щелоком;
- осадительными электродами, представляющими пластины S-образного типа из углеродистой стали;
- пружинными или игольчатыми коронирующими электродами из высоколегированной стали.

Основные проблемы, возникающие при эксплуатации электрофильтра и приводящие к ухудшению его работы:

- загрязнение газораспределительных решеток;
- коррозия и загрязнение поверхности коронирующих электродов;
- коррозия осадительных электродов;
- недостаточно качественная центровка электродов;
- износ и неисправность механизмов встряхивания и транспортировки золы;
- неплотности в камерах электрофильтра.

Присосы холодного воздуха в камеры электрофильтра в совокупности с присосами в газоходы содорегенерационных котлоагрегатов отрицательно влияют на эффективность пылеулавливания, увеличивая скорость газового потока в активной зоне, а также вызывают коррозионный износ камеры. В отношении коррозии необходимо отметить, что в конструкциях электрофильтров с мокрым способом удаления золы коррозионный износ проявляется в большей степени из-за испарения влаги с поверхности мокрого дна.

На значительном числе содорегенерационных котлоагрегатов за электрофильтрами установлены скрубберные устройства, являющиеся второй ступенью очистки газов. Скрубберы позволяют уменьшить выброс в атмосферу диоксида серы, а при определенных условиях и сероводорода, и одновременно более глубоко использовать тепло уходящих газов.

Большая часть скрубберов установлена за содорегенерационными котлоагрегатами, скомпонованными по схемам с газоконтактными испарителями, а также за содорегенерационными котлоагрегатами, предназначенными для совместного сжигания сульфатных и сульфитных щелоков. Применение скрубберов в схемах содорегенерационных котлоагрегатов с газоконтактными испарителями вытекает из необходимости дезодорации дымовых газов. Использование скрубберов при совместном сжигании сульфатных и сульфитных щелоков обусловлено достаточно высокой концентрацией диоксида серы в дымовых газах. Так, при сжигании в содорегенерационном котлоагрегате сульфатного щелока концентрация диоксида серы в дымовых газах находится на среднем уровне 500-600 ppm, при сжигании смеси сульфатных и сульфитных щелоков концентрация диоксида серы возрастает в 2 – 4 раза в зависимости от соотношения щелоков в смеси. Для сравнения отметим, что концентрация диоксида серы в продуктах сгорания высокосернистого мазута составляет 900-1000 ppm. Скруббер представляет собой башню из нержавеющей стали, в нижнюю часть которой тангенциально подводятся дымовые газы. В верхней части скруббера расположена батарея сопел, через которые подается орошающая жидкость. Для утилизации тепла дымовых газов устанавливается пластинчатый теплообменник, в котором подогревается технологическая вода.

Начальная запыленность газов, поступающих в скруббер после электрофильтра, составляет 0,25 – 0,4 г/м³, что соответствует КПД электрофильтра 96 – 98 %. Степень улавливания золы в скруббере доходит до 66 %. Поскольку избыток орошающей жидкости отводится в бак-растворитель плава, уловленный в скруббере пылевой унос, содержащий до 95 – 98 % сульфата натрия, приводит к снижению показателя степени восстановления сульфата в зеленом щелоке. Этот недостаток схемы может быть сведен к минимуму при хорошей работе электрофильтра с КПД 96 – 98 %.

Большое значение в обеспечении высокого КПД скруббера по улавливанию пыли имеют скорость газов в активном сечении и удельный расход орошающей жидкости. Увеличение скорости газов и уменьшение орошения приводит к снижению степени улавливания уноса в скруббере. Таким образом, для обеспечения высокой степени улавливания уноса в скруббере важно контролировать избыток воздуха в топке, величины присосов по газовому тракту и орошение.

Утилизация парогазовых выбросов позволяет полезно использовать существенную долю тепла парогазов и резко сократить потери химикатов. Существуют различные системы утилизации. Достаточно распространены устройства, позволяющие одновременно утилизировать тепло и химикаты

парогазовых выбросов. Принципиальная схема таких устройств включает: теплообменник, омываемый парогАЗами с температурой 80-100 °С; отвод конденсата в бак-растворитель плава с целью возврата химикатов; вентилятор для усиления тяги (в некоторых установках используется только естественная тяга вытяжной трубы бака-растворителя). В таких установках достигается сокращение потерь тепла с парогАЗами, при этом обеспечивается подогрев воды в теплообменниках до 50 – 55 °С. В отношении улавливания химикатов установки также достаточно эффективны (60 – 70 %). В ряде содорегенерационных котлоагрегатов применено специальное газоочистное устройство, представляющее собой полый скруббер, в верхней части которого имеется форсунка, разбрызгивающая орошающую жидкость. Скруббер высотой 5 м и диаметром 1,9 м устанавливается непосредственно в вытяжной трубе бака-растворителя плава.

Альтернативным решением в части утилизации парогАЗовых выбросов бака плава является использование скруббера, установленного после электрофилтра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смородин С.Н., Иванов А.Н., Белоусов В.Н. Содорегенерационные котлоагрегаты: учебное пособие / ГОУВПО СПбГТУ РП. – СПб., 2010. – 164 с.
2. Штокман Е.А. Очистка воздуха: учебное пособие / М.: АСБ, 2007. – 312 с.