



ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ЛЕСА

ЛЕСНОЙ ВЕСТНИК

Научно-информационный журнал

2013 г. № 2(94)

**Координационный
совет журнала**

Главный редактор
А.Н. ОБЛИВИН

Зам. главного редактора
В.Д. НИКИШОВ

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

Ответственный секретарь
Е.А. РАСЕВА

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

Журнал издается при поддержке
Научно-образовательной
ассоциации лесного комплекса

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

Свидетельство о регистрации
ПИ № 77-12923 от 17.06.2002

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

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

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

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

© ГОУ ВПО МГУЛ, 2013

Подписано в печать 26.03.2013.
Тираж 500 экз.
Заказ № 111
Объем 28,5 п. л.

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

СОДЕРЖАНИЕ

Лесное хозяйство

Погиба С.П., Рабцун А.С., Коровин В.В. <i>Селекционно-генетический анализ лесных популяций</i>	4
Беляев В.В., Старицын В.В. <i>Влияние тектонических узлов на показатели плодоношения брусничных, на примере черники (<i>Vaccinium myrtillus</i> L.) И брусники (<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.) в Архангельской области</i>	7
Беляева Н.В., Грязькин А.В., Ковалев Н.В., Фетисова А.А., Кази И.А. <i>Оценка влияния подсушки осины на возобновление ели европейской</i>	12
Дружинин Ф.Н. <i>Восстановление ельников рубками переформирования</i>	17
Демина Н.А., Файзулин Д.Х., Наквасина Е.Н. <i>Уточнение границ лесосеменного районирования ели на европейском Севере</i>	23
Сопушинский И.Н., Мельник П.Г. <i>Фено-экологические особенности произрастающего в Украине клена-явора <i>Acer pseudoplatanus</i> L.</i>	28
Шишкина О.К., Завистяева М.А., Рабцун А.С. <i>Некоторые результаты практического применения анализа ДНК для генетической идентификации клонов на ЛСП сосны обыкновенной</i>	33
Сабо Е.Д., Карминов В.Н. <i>Эффективность лесохозяйственных мероприятий и местных удобрений на осушаемых землях</i>	35
Янковский А.А. <i>Частная собственность на лес: аренда лесных участков</i>	44
Васильев С.Б., Мартыненко О.В., Карминов В.Н., Горбунова Н.Н. <i>Виды и агрохимическая характеристика субстратов Егорьевского месторождения фосфоритов</i>	47
Курамшин В.Я., Михайлов М.А. <i>Потомки спросят</i>	50

Химические технологии и деревообработка

Ветшева В.Ф., Сычев А.Н. <i>Влияние распиловки в рамном потоке несортированных бревен на показатели расхода древесины</i>	53
Рукомойников К.П., Анисимов С.Е. <i>Обоснование эффективных путей использования ресурсов древесных отходов на примере муниципальных образований республики Коми</i>	59
Иванкин А.Н., Беляков В.А., Вострикова Н.Л., Куликовский А.В., Лиханова Л.М. <i>Влияние нано-микрокомпонентного состава продуктов распада термолизированной древесины на безопасность обрабатываемой продукции</i>	67
Морозов А.М., Кононов Г.Н., Косарев К.Л., Кудряшов А.В. <i>Использование сканирующей электронной микроскопии для изучения нанопористой структуры продуктов переработки древесины</i>	72
Угрюмов С.А., Смирнов Д.А. <i>Комплексная оценка свойств древесно-стружечных плит на основе фурфуролацетонового мономера ФА</i>	76
Руденко Б.Д., Прокопьева Д.П. <i>Исследование прочности цементного раствора в зависимости от характера кислотности воды затворения</i>	79
Прошина О.П., Иванкин А.Н., Капустина Е.А., <u>Расев А.И.</u> <i>Влияние пропитки органосилоксанами на гидрофобность и формоустойчивость древесины березы</i>	83
Шамаев В.А., Губанова Н.В. <i>Теоретическое исследование процесса пропитки древесины жидкостью</i>	88
Шарапов Е.С., Karl-Christian Mahnert, Королев А.С. <i>Экспериментальные исследования физико-механических свойств термически модифицированной древесины сосны</i>	90
Горешнев М.А., Казарин А.Н., Лопатин В.В., Секисов Ф.Г., Смердов О.В. <i>Комбинированный метод сушки древесины</i>	97
Лаур Н.В. <i>Использование карельской березы в производстве мебели</i>	101
Полосухин К.А. <i>Заточка твердосплавных круглых пил по боковым граням</i>	108

Лесинженерное дело

Григорьев И.В., Макуев В.А., Шапиро В.Я., Рудов М.Е., Никифорова А.И. <i>Расчет показателей процесса уплотнения почвогрунта при трелевке пачки хлыстов</i>	112
Клубничкин Е.Е., Клубничкин В.Е., Башкирцев Ю.В., Крылов В.М. <i>Изменение длины опорно-активных участков движителя гусеничной лесозаготовительной машины с учетом режимов нагружения</i>	119

Никитин В.В., Новоселов И.С. <i>Модель оптимального развития сети лесных дорог в лесосырьевом массиве</i>	121
Щербаков А.С., Савельев А.В. <i>Определение экономического ущерба от аварий и стихийных бедствий на промышленных предприятиях лесного комплекса</i>	126
Бутко Г.П., Запруднов В.И. <i>Методы оценки инвестиционной привлекательности лесопромышленного предприятия на современном этапе развития</i>	130
Математическое моделирование	
Афанасьев А.С., Домрачев В.Г., Комаров Е.Г., Полушкин В.М. <i>Метод контроля виброустойчивости микроэлектромеханических преобразователей линейного ускорения во множестве пространственных ориентаций</i>	135
Комаров Е.Г., Тимошенко С.П., Шалимов А.С. <i>Микроэлектромеханический преобразователь линейного ускорения с электростатической обратной связью</i>	140
Корольков А.В. <i>О поведении системы жидкость–газ в условиях, близких к невесомости</i>	145
Полещук О.М., Малолепшая Н.Э. <i>Определение взвешенных отрезков для специального класса интервальных нечетких чисел второго типа и операций с ними</i>	147
Лось А.Б. <i>О скорости сходимости к закону Пуассона числа достижений заданного уровня процессом скользящего суммирования</i>	152
Гинкул Д.И. <i>Возможность передачи телеметрической информации в обратном радиоканале командно-измерительной системы на основе метода прямой манипуляции несущей частоты</i>	156
Скорняков В.А., Зеленев Д.А. <i>Нейромоделю космического аппарата в задаче оперативного планирования расходования ресурсов бортовых систем</i>	161
Мышенков В.И. <i>Образование бокового отрыва потока при подъеме летательного аппарата</i>	167
Мышенков В.И., Мышенкова Е.В. <i>Расчет обтекания некоторых аппаратов с работающей двигательной установкой</i>	175
Ильюшенко И.С., Денисова Л.А. <i>Постановка задачи стабилизации возвращаемого аппарата типа «ФАРА» при спуске в атмосфере Земли</i>	179
Сигалов И.Е., Урошлев Л.А. <i>О распространении особенностей решения квазирабочного уравнения</i>	182
Санаев В.Г., Степанов И.М., Запруднов В.И., Панферов В.И., Третьяков А.Г., Манович В.Н. <i>Межотраслевой объединенный «национальный исследовательский центр «Технологии аэрокосмического мониторинга леса» – инновационная форма интеграции науки, производства и образования в целях ускоренного развития технологий аэрокосмического мониторинга леса</i>	183
Дмитриев В.П., Якопов Г.Л. <i>Расчет построения оптической системы для безабберационной оптики и идеальной среды</i>	188
Суханов В.С., Левин А.Б., Никитин В.В., Кашуба В.В., Шереметьев Д.В., Новоселов И.С. <i>Математическая модель для системного сравнительного технико-экономического анализа по критерию «затраты–эффективность» альтернативных вариантов обустройства лесной транспортной инфраструктуры</i>	192
Педагогика	
Хайбулина К.В. <i>Внедрение ИКТ в процесс обучения биологии в общеобразовательной школе</i>	199
Менеджмент	
Егоров В.Г. <i>Концептуализация кооперации в современном экономическом знании</i>	203
Салун М.Н. <i>Формирование модели понятийного аппарата исследования на примере модернизации ресурсного потенциала предприятия</i>	207
Ларина Н.В. <i>Комбинирование вертикально и горизонтально интегрированных бизнес-структур лесопромышленных корпораций</i>	210
Никишов В.Д., Мерзленко М.Д., Мельник П.Г. <i>Славный ученый, исследователь и певец природы Беломорья (65 лет со дня рождения профессора Николая Алексеевича Бабича)</i>	213

СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛЕСНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ

С.П. ПОГИБА, проф. каф. селекции, генетики и дендрологии МГУЛ, канд. с.-х. наук,
 А.С. РАБЦУН, асп. каф. селекции, генетики и дендрологии МГУЛ,
 В.В. КОРОВИН, проф. каф. селекции, генетики и дендрологии МГУЛ, д-р биол. наук

s.pogiba@mail.ru, zhu4ok69@rambler.ru

Генетический анализ лесных популяций и дальнейшая их селекционная оценка весьма проблематичны, так как выход на ген-признак у древесных растений затруднен, а использование гибридологического анализа требует значительного времени для смены поколений. Учение о генетических процессах в популяции особенно важно для лесоводов, т.к. включает вопросы динамики, численности вида, систематики и таксономии, генетический анализ. Все популяционные модели базируются на законе Харди-Вайнберга, представляющем собой схему-формулу бесконечно большой идеальной популяции, где нет давления отбора, мутаций, миграций, дрейфа генов и где осуществляется панмиксия. Частоты генотипов в такой популяции сохраняются постоянными. В природе таких популяций не существует, сложность генетических и экологических явлений делает невозможным анализ всей системы факторов. По мнению некоторых ученых [9], это приводит к упрощению популяционных моделей. Кроме того, большинство признаков, с которыми работают лесные селекционеры, относятся к количественным (высоты, диаметр, приросты и др.). Эти признаки чаще полигенны и контролируются аддитивными или суммарными генами. Н.В. Тимофеев-Ресовский [11] предложил использовать в таком случае термин «фен». В 1976 г. решением Первого всесоюзного совещания по фенетике популяций термин «фен» и «фенетика» были закреплены официально.

Фенетика – это распространение генетических подходов и принципов на формы, собственно генетическое изучение которых затруднено или невозможно. Предметом фенетики является внутривидовая изменчивость, доводимая в конечном итоге до рассмотрения дискретных альтернативных признаков – фенотипов [12]. Фен представляет собой дискретный, альтернативный простой признак, отражаю-

щий особенности данного генотипа. Элементарность признака не обязательно сопровождается моногенностью и может быть результатом взаимодействия нескольких генов. Кроме этого, неделимый фен может представлять собой коррелятивно сцепленную группу признаков. Именно этот постулат был использован нами при проведении фенетического анализа узорчатых форм карельской березы [7].

В 1982 г. Л.А. Животовский предложил математическую модель расчета морф (фенов). При этом для анализа популяционной изменчивости по полиморфным признакам постулируются следующие требования.

1. Небольшие изменения частот распространенных морф, а также появление или исчезновение редких морф мало изменяет значение показателя.

2. Показатель не зависит от параметров, дифференциально характеризующих разные морфы (от приспособляемости морф, их хозяйственной ценности и пр.)

3. Вклад морф в величину показателя должен быть пропорционален их частотам в популяциях.

4. Показатель должен иметь «простую» популяционную интерпретацию и обладать «хорошими» статистическими свойствами.

Идеальной моделью для фенетического анализа по методу Л.А. Животовского являются узорчатые формы карельской березы, представляющие собой, по мнению А.Я. Любавской [6], самостоятельный вид, имеющий разорванный ареал. Часть этого ареала можно считать группами родственных популяций, состоящих из безузорчатых и узорчатых форм. В основе выделения форм лежит классификация А.Я. Любавской [6] по габитусу и форме ствола, являющихся четкими маркерами для выделения фенов и морф в популяциях. Нами обследовано семь попу-

ляций карельской березы, отличающихся соотношением форм: в Телеханском заказнике Белоруссии, Заонежском и Спасогубском заказниках Карелии, Елгавском и Даугавпилсском леспромхозе Латвии [7], «Ковровском» совхозе Владимирской области и Спас-Деменском лесхозе Калужской области [4]. В анализ были включены узорчатые особи *I*, *II*, *III* и *IV* форм.

Проведенный популяционно-генетический анализ подтвердил отличие насаждений друг от друга по среднему числу фенотипов. Наибольшее формовое разнообразие выявлено в Телеханском заказнике Белоруссии, среднее число фенотипов $3,66 \pm 0,056$, представлены все формы. Преобладают особи *II* формы ($p_2 = 0,42$). Доля редких фенотипов (кустарниковых форм) незначительна – $0,085 \pm 0,14$. Наименьшее число фенотипов имеют латвийские популяции: Елгавская – $1,39 \pm 0,017$ и Даугавпилсская – $1,98 \pm 0,002$, но преобладают особи кустовидных форм – $p_3 = 0,96$ и $0,60$ соответственно. Редким фенотипом в обеих популяциях являются особи *I* высокоствольной формы. В Заонежском заказнике преобладают особи *III* форм ($p_3 = 0,50$), редкий фенотип – *IV* форма ($0,175 \pm 0,030$); в Спасогубском заказнике преобладают особи *I* формы ($p_1 = 0,70$), редкий фенотип – *II* форма ($0,16 \pm 0,035$); в совхозе «Ковровский» преобладают деревья *II* формы ($p_2 = 0,53$), редкий фенотип – *III* форма ($0,21 \pm 0,027$) и в Спас-Деменском лесхозе преобладают особи *I* формы ($p_1 = 0,60$), редкий фенотип – *IV* форма ($0,30 \pm 0,026$). Отличие популяций карельской березы по соотношению форм достоверно на 95 и 99 % уровнях значимости ($\chi_f^2 > \chi_{st}^2$). Выделенные популяции имеют важное значение как с эволюционно-генетической точки зрения, так и с точки зрения потребителей, так как являются носителями определенного генофонда и могут служить источником для селекционной работы на декоративность древесины. В дальнейшем с помощью фенетического анализа были оценены культуры карельской березы в Белоруссии (Барсукова, 1995) и в Московской области [5].

Большинство работ по лесной селекции проведены на уровне фенов, то есть

изучено формовое разнообразие вида по количественным и качественным признакам (Яблоков, 1952; Ромедер, Шенбах, 1962; Коновалов, Пугач, 1978; Молотков, Патлай и др. 1982. Эти работы носили описательный характер (цвет коры, стробилов, листьев, характер ветвления и пр.), однако они подготовили почву для выделения фенов и подбора генетических моделей лесных популяций [7]. Так, А.И. Видякиным [2] были отобраны маркеры популяционной структуры сосны с высокой генотипической детерминированностью, установлены масштабы их, выделены наиболее информативные из них. В процессе изучения индивидуальной изменчивости морфологических признаков шишек, семян, микростробилов разработана методика выделения фенов и выявлено несколько элементарных вариаций, отвечающих этому понятию. Она включает 4 этапа: первый – создание коллекций генеративных органов; второй – проверка имеющихся классификаций признаков и оценка выделяемых по ним вариаций на соответствие понятию фена; третий – выявление элементарных признаков, описание и выделение дискретных вариаций; четвертый – косвенная оценка генотипической детерминированности отобранных дискретных вариаций. Маркерами популяционного уровня структурной организации вида являются фены окраски семян первого слоя; третьего – наличие или отсутствие его; фены окраски шишек: серозеленая, коричневая, песочная; фены окраски микростробилов – желтая и красная; фены типа развития апофиза – передний (ПТРА) и задний (ЗТРА). Наиболее информативны из них фены третьего слоя окраски семян. А.Ф. Беликова и О.А. Карацупа (1997) предлагают в качестве эффективного фена для сосны обыкновенной использовать текстуру оболочки семян сосны. Известно, что оболочка семян хвойных формируется из диплоидной ткани материнского растения, зародыш – из диплоидной ткани, включающей гомологичные хромосомы отца и матери, а эндосперм из гаплоидной ткани материнского растения. Таким образом, выделенный фен переходит из разряда описательных в разряд генетически идентифицированных фенов. Метод фене-

Характеристика ЛСП на основании проведенного анализа

№ ЛСП	Число посадочных мест	Количество деревьев на ЛСП	Расположены согласно схеме посадки	На других посадочных местах	Происхождение неизвестно	Всего идентифицировано	Представлено рамет клонов
33	1070	566/52,8*	141/36,9	110/28,7	251/65,6	131/34,4	22
41	200	68/34	34/50	33/48,5	1/1,15	67/98,5	12
47	1235	1155/93,5	1089/94,2	41/3,5	25/2,1	1130/97,8	125
48	1180	873/73,9	744/85,2	86/9,8	43/5	830/95	85
1	1615	907/56,1	575/63,4	148/16,4	96/10,5	723/79,7**	62

*Из 566 деревьев на ЛСП 184 являются непривитыми.

**88 деревьев оказались раметами неидентифицированного клона.

тического анализа широко используется при работах на лесосеменных плантациях, когда необходимо уточнить происхождение рамет. По вышеперечисленным признакам их сравнивают с исходными плюсовыми деревьями, сверяют со схемой посадки и делают соответствующие выводы. Эта работа весьма трудоемка и не исключает ошибок.

В последнее время в практику входит молекулярно-генетический метод, позволяющий наиболее быстро и эффективно решить ряд вопросов, важных с точки зрения селекционно-генетической ценности объектов. Наиболее удобным для этого является один из методов анализа ДНК, именуемый *RAPD* – анализом (*Random Amplified Polymorphic DNA* – произвольно амплифицированная полиморфная ДНК). Метод достаточно прост в исполнении и не требует применения дорогостоящих реактивов (Падутов и др., 2007)

Анализ непосредственно ДНК позволяет гораздо быстрее и с высокой степенью достоверности провести генетическую идентификацию. В качестве образца может использоваться любая часть растения в свежем, замороженном, заспиртованном или сухом виде. Высушенные образцы легко транспортировать и хранить. Анализ одного образца проводится в течение 2-х дней, один комплект оборудования позволяет одновременно проводить анализ 48 образцов. *RAPD*-анализ включает выделение ДНК, амплификацию выделенной ДНК, электрофоретическое разделение фрагментов амплифицированной ДНК и анализ полученных электрофореграмм.

При определении генетической принадлежности рамет клонов генетическая карта (паспорт) каждого дерева с ЛСП или архива клонов сравнивается с генетическими паспортам плюсовых деревьев, в результате чего уточняется схема расположения рамет клонов на плантации. Сумма генетических паспортов, представленных на плантации клонов, будет являться генетическим паспортом объекта. На базе ФГУ «Рослесозащита» нами методом *RAPD*-анализа исследовано пять плантаций, на которых произрастают клоны сосны обыкновенной на территории Куровского ОЛХ Московской области и Андреевского ОЛХ Владимирской области.

Анализ ДНК позволяет полностью прояснить схему расположения рамет клонов на ЛСП, выявить все ошибки при посадке и разработать комплекс мероприятий по дальнейшему использованию или реконструкции изучаемых объектов. Так, например, ЛСП № 33 и ЛСП № 41 Куровского ОЛХ Московской области нуждаются в полной реконструкции или переведении в категорию ПЛСУ, а ЛСП № 47, 48 – в частичной. Здесь необходимо удалить неидентифицированные раметы, количество которых менее 5 %, и произвести посадку на пустых местах. ЛСП № 1 Владимирской области нуждается в значительной реконструкции.

К настоящему времени с помощью *RAPD*-анализа проводится молекулярно-генетический анализ и оценка состояния генофондов популяций древесных растений. Т.Н. Светлакова (2012) провела молекулярно-гене-

тический анализ в семи популяциях *P. tremula L.* Пермского края с использованием *ISSRR-PCR* маркеров, амплифицированных пятью праймерами. Была выявлена генетическая структура этих популяций, в шести из которых отмечен высокий уровень генетического разнообразия.

Вышеперечисленные методы селекционно-генетического анализа древесных растений не исключают, а дополняют друг друга и являются частью трудоемкой и кропотливой работы людей, работающих в области лесной селекции и генетики.

Библиографический список

1. Барсукова, Т.Л. Изменчивость, отбор и разведение березы карельской в Белоруси: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. / Т.А. Барсукова. – Гомель, 1995. – 20 с.
2. Видякин, А.И. Фенетика, популяционная структура и сохранение генетического фонда сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*) / А.И. Видякин // Хвойные бореальной зоны. – 2007. – № 2. – С. 159–166.
3. Животовский, Л.А. Показатели популяционной изменчивости по полиморфным признакам / Л.А. Животовский // В кн.: Фенетика популяций. – М., 1982. – С. 38–44.
4. Казанцева, Е.В. Изменчивость и структура популяций карельской березы в центральных областях России / Е.В. Казанцева // Матер. междунар. молодежной научн. школы «Биоиндикация–98». – Петрозаводский ун-т, 1998. – Т. 2. – С. 37.
5. Курносов, Г.А. Возрастная изменчивость березы карельской в культурах центральной части зоны смешанных лесов: дисс. ... канд. с.-х. наук / Г.А. Курносов. – М.: МГУЛ, 1993. – 18 с.
6. Любавская, А.Я. Карельская береза / А.Я. Любавская. – М.: Лесная пром-сть, 1978. – 156 с.
7. Погиба, С.П. Селекционно-генетические основы плантационного разведения карельской березы: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / С.П. Погиба. – М., 1988 – 18 с.
8. Падутов, В.Е. Методы молекулярно-генетического анализа / В.Е. Падутов, О.Ю. Баранов, Е.В. Воробьев. – Мн.: Юнипол, 2007. – 176 с.
9. Роне, В.М. Генетический анализ лесных популяций / В.М. Роне. – М.: Наука, 1980. – 160 с.
10. Светлакова, Т.Н. Молекулярно-генетический анализ и оценка состояния генофондов популяций *Pouls tremula L.* в Пермском крае: дисс. ... канд. биол. наук / Т.Н. Светлакова. – Уфа, 2012 – 20 с.
11. Тимофеев-Ресовский, Н.В. О фенотипическом проявлении генотипа / Н.В. Тимофеев-Ресовский // Журн. экс. биология. – 1925. – № 1. – С. 93.
12. Яблоков, А.В. Введение в фенетику популяций / А.В. Яблоков. – М.: Высшая школа, 1985. – 157 с.

ВЛИЯНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ УЗЛОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОНОШЕНИЯ БРУСНИЧНЫХ, НА ПРИМЕРЕ ЧЕРНИКИ (*VACCINIUM MYRTILLUS L.*) И БРУСНИКИ (*VACCINIUM VITIS-IDAEA L.*) В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

В.В. БЕЛЯЕВ, проф. каф. географии и геоэкологии С(А)Ф, д-р с.-х. наук,
В.В. СТАРИЦЫН асп., м. н. с. ИЭПС УрО РАН

Леса России богаты недревесными ресурсами, использование которых способствует повышению продуктивности лесов и росту экономического потенциала лесного хозяйства. Многие виды недревесных ресурсов пользуются большим спросом как на внутреннем, так и на внешнем рынках. Особое место занимают пищевые ягодные растения [1].

Биологические запасы основных видов ягод в Российской Федерации превышают 8 млн т. По данным лесоустройства, ежегодный урожай ягод в Архангельской об-

ласти составляет 150 тыс. т, при фактическом использовании 6,0 тыс. т [2]. Дикорастущие плодово-ягодные растения – источник необходимых для человека биологически активных веществ. Наибольшее значение имеют растения, принадлежащие к семейству брусничных (*Vacciniaceae*) [3]. Объектом изучения выбраны черника и брусника. Это объясняется тем, что данные виды активно используются и широко распространены на территории области. По запасам брусники и черники Архангельская область относится территориям с наиболее высокими запасами (табл. 1).

Урожайность и запасы плодов брусники (*Vaccinium vitis-idaea* L.) и черники (*Vaccinium myrtillus* L.) на территории России и Архангельской области (по данным ФГУ «ВНИИ-ИЛМ» и литературным источникам)

Ягодник	Урожайность кг/га	Биологический запас, т.	Экспертная оценка использования запасов	
			тыс. т	% от биологического
На территории России				
Брусника	100–300	3021,3	45	1,5
Черника	150–300	2618,2	35	1,3
На территории Архангельской области				
Брусника	11–428	35,8	4,0	1,4
Черника	113–212	98,8	1,2	1,2

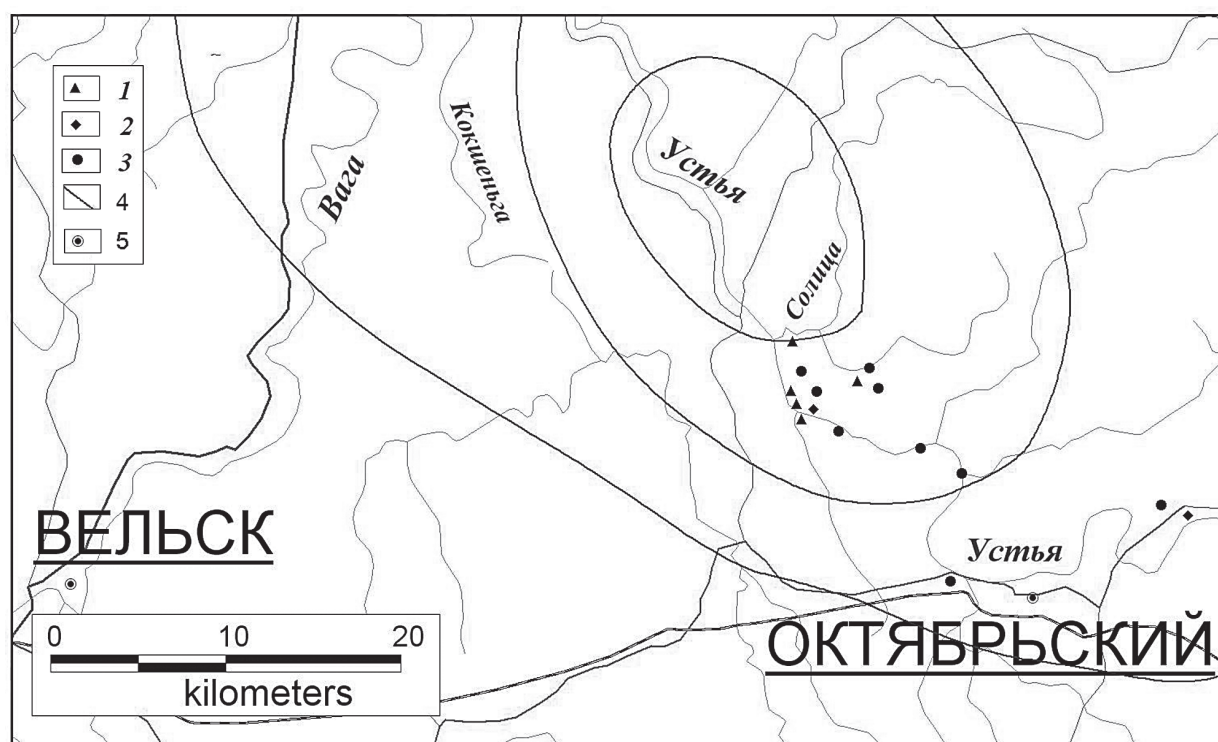


Рис. 1. Места проведения исследований (Вельский, Устьинский районы). Условные обозначения: 1, 3 – места взятия почвенных образцов, 2 – места установки осадкомеров, 4 – изолинии плотности разрывных нарушений, 5 – населенные пункты

Растения – это связующее звено между абиотической средой и биогеоценозом. Ягоды черники, брусники, голубики, клюквы занимают особое место в питании животных. Их поедают многие птицы и звери, как фитофаги, так и всеядные хищные. Урожайность некоторых видов ягодников (черники, брусники) достигает 1000–1100 кг/га, и ягоды отличаются способностью долго сохранять свежесть и кормовые качества. Поэтому этот продукт доступен животным на протяжении многих месяцев [4].

Проведенные исследования по влиянию конвективного теплового потока Земли на лесные экосистемы показали, что данный фактор существенно изменяет температуру верхнего (30с м) слоя почвы и приземного слоя воздуха, частоту и интенсивность заморозков и, как следствие, – продуктивность биогеоценозов. Например, лесные насаждения, произрастающие в зонах с разной величиной КТП, хотя имеют сходный тип леса, возраст и состав древостоя, существенно отличаются по продуктивности

Показатели осадков за период наблюдений (Устьянский, Вельский районы)

Год наблюдений	Количество осадков, раз		Количество осадков, кг/м ²	
	Центр	Периферия	Центр	Периферия
2007	34	53	129,5	175,7
2008	25	52	94,1	110,0
2009	20	38	59,2	81,0
2010	8	20	62,5	85,5
2011	21	39	105,5	153,0

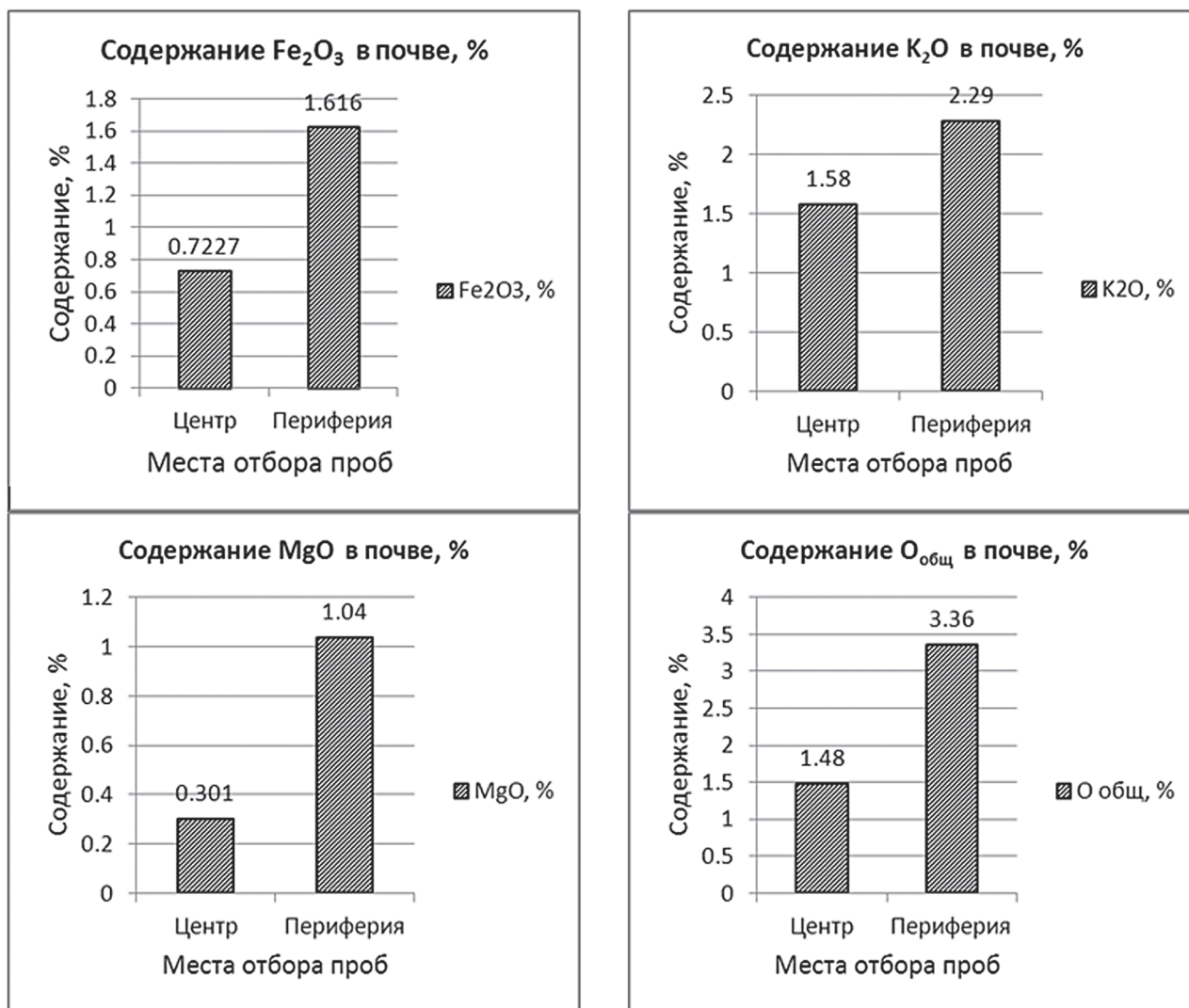


Рис. 2. Содержание микроэлементов в 30 см слое почвы в центре и на периферии тектонического узла

(различия в запасах древесины достигают 70 м³ на 1га) [5].

Наиболее активным структурообразующим элементом геологической среды являются тектонические разломы. С увеличением числа пересекающихся разломов степень раздробленности, проницаемости и глубинности тектонического узла возрастает. Возникает вертикальная высокопроницаемая область,

которая обеспечивает коромантийное взаимодействие и постоянный приток флюидов и глубинных газов, т.е. возникает глубинный стволочной канал повышенного тепломассобмена [6]. Кроме того, установлено, что над тектоническими узлами располагается стационарный минимум атмосферного давления. Последнее обстоятельство мы и учитывали, начиная исследования по влиянию тектони-

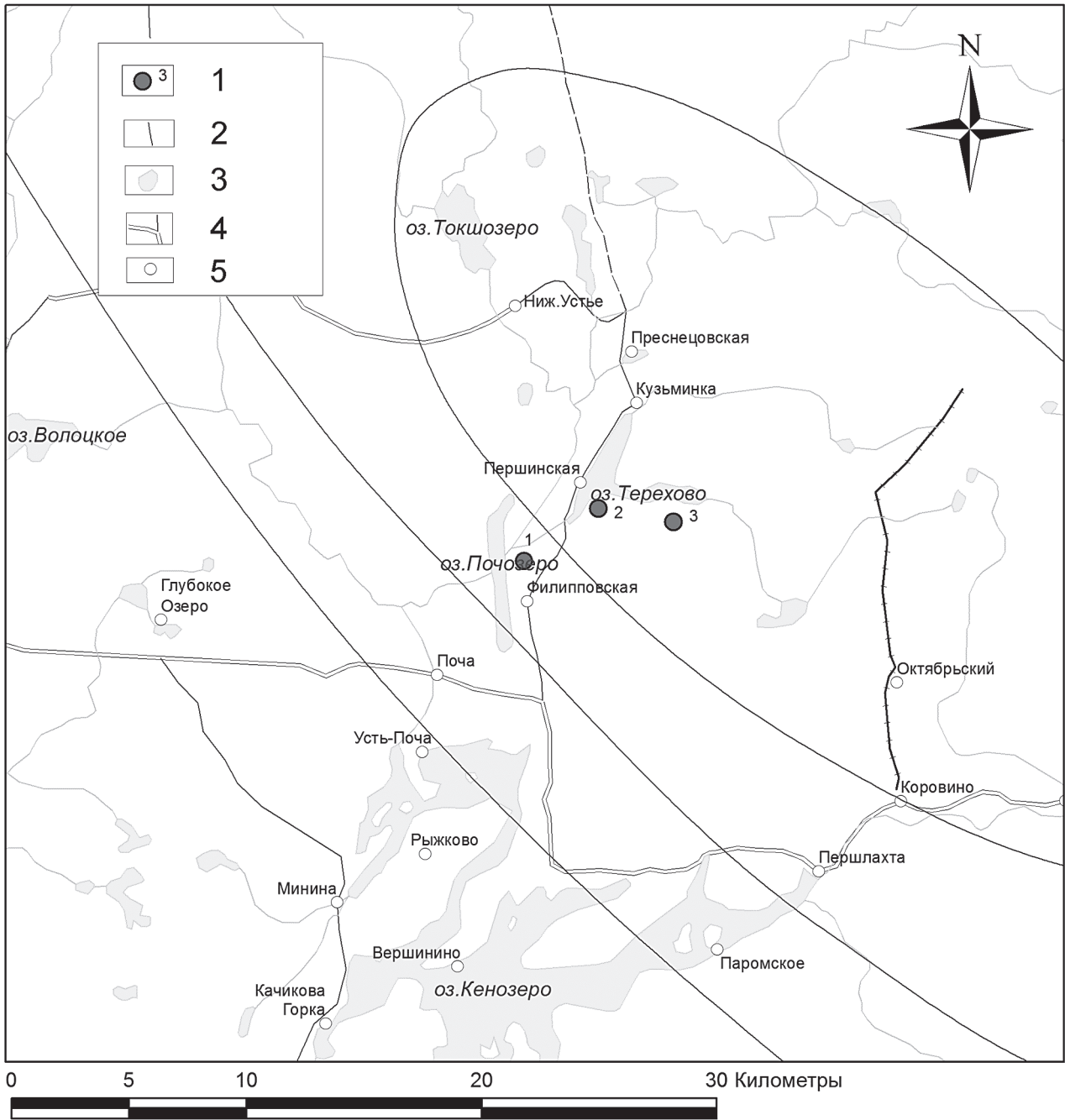


Рис. 3. Расположение пробных площадей по учету брусники (*Vaccinium vitis-idaea* L.) (Плесецкий район). Условные обозначения: 1 – пробная площадь, 2 – изолинии плотности разрывных нарушений, 3 – реки и озера, 4 – дороги, 5 – населенные пункты

ческих узлов на биоту. Методика исследований сводилась к следующему: в период экспедиционных исследований (июль–сентябрь 2006–2011 гг.), находясь практически в центре тектонического узла (рис. 1), ежедневно фиксировали, сколько раз выпадали осадки в центре и на периферии.

В начале наблюдений результаты визуальных наблюдений уточнялись путем устного

(телефонного) опроса работников лесничеств, расположенных на периферии тектонического узла. Одновременно с этим в центре и на периферии узла на открытом месте в 4-х повторностях были установлены сосуды площадью 69,4 см² каждый. Места их расположения имеют координатную привязку (*GPS Garmin III Plus*). Раз в пять дней осадки из них сливались и взвешивались, затем помещались в отде-

Урожайность ягод брусники и черники, их количественные характеристики на опытных участках

№ заросли	Урожайность г/м ²	Количество ягод, шт./м ²
Брусника		
1	10,88±1,24	54,68±8,49
2	16,24±1,36	100±8,57
3	2,32±0,41	9,32±1,44
Среднее значение	9,81±1,00	54,67±6,17
Черника		
1	17,44±2,52	76,48±9,40
2	15,64±3,35	50,20±9,16
3	5,92±0,96	22,32±3,61
Среднее значение	12,99±2,28	49,67±7,39

Примечание. Нумерация зарослей по направлению от периферии тектонического узла к его центру

льные емкости и в конце периода наблюдений были снова взвешивались [7]. Обобщенные результаты представлены в табл. 2.

Полученные результаты показали, что в центре узла осадки выпадали практически в два раза реже, а их количество до 38 % меньше (табл. 2). Кроме того, различия существенно возрастают в более засушливые летние периоды. Наглядное подтверждение этого – лето 2010 г. Кроме того, в пределах узла количество осадков увязывается с атмосферным давлением. Естественно, что такое распределение осадков неизбежно влияет и на растительные сообщества.

На территории этого же узла в направлении от центра к периферии были отобраны образцы почв 30-сантиметрового слоя в сосняках лишайниково-брусничных. В лабораторных условиях в данных образцах определено содержание важнейших микроэлементов*. Предварительные результаты показывают, что их содержание между центром и периферией существенно различается (рис. 2).

В данной работе приведены результаты исследований изменения урожайности дикорастущих ягодников на территории Плесецкого тектонического узла на северной окраине Кенозерского национально парка Архангельской области (рис. 3).

Нами в течение двух полевых сезонов оценивалась урожайность и количественные показатели ресурсов. Методика полевых исследований разработана на классических методах лесоводства. На каждый участок со-

ставлялась лесоводственно-геоботаническая характеристика.

Первичные данные были обработаны в программе *Excel*. Полученные статистические результаты представлены в табл. 3.

Установлено, что в центре узла урожайность брусники 2,32±0,41 г/м², черники 5,92±0,96 г/м²; значительно меньше, чем на периферии, соответственно 10,88±1,24 г/м² и 17,44±2,52 г/м². Аналогично изменяется и количество ягод: в центре брусники 9,32±1,44 шт./м², черники 22,32±3,61 шт./м²; на периферии соответственно – 54,68±8,49 шт./м² и 76,48±9,41 шт./м². Так, урожайность на 1 м² отличается на 79 % между центром и периферией у брусники и на 66 % у черники; количество ягод на 1 м² различается на 82 % у брусники и на 71 % у черники.

В результате предварительно установлено, что в центре тектонических узлов ресурсы основных видов ягодников значительно меньше. Возможно, это объясняется существенным различием в количестве осадков, особенно в засушливые годы, и меньшим содержанием микроэлементов в почве

Растительные ресурсы, особенно леса европейского Севера России – это основа экономики региона как в настоящее время, так и, вероятно, в обозримом будущем, учитывая возможность их восстановления. Проведенные исследования по влиянию геоэкологических условий среды (конвективный тепловой поток Земли (КТП), узлы пересечения тектонических дислокаций, статичные минимумы атмосферного давления) на лесные экосисте-

мы показали, что данные факторы существенно изменяют температуру верхнего (30 см) слоя почвы и воздуха, частоту и интенсивность заморозков, характер выпадения осадков и, как следствие, продуктивность биогеоценозов. Например, лесные насаждения, произрастающие в зонах с разной величиной КТП, хотя имеют сходный тип леса, возраст и состав древостоя, очень существенно отличаются по продуктивности (различия в запасах древесины достигают 70 м³ на 1 га) [8]. При оценке влияния эндогенного тепла Земли на лесные экосистемы мы исходили из того, что в первую очередь его влияние должно проявиться через температурный режим почв. В период июль–сентябрь проводилось измерение температуры почвы на глубине 30 см и приземного слоя воздуха на территориях с повышенным и с пониженным КТП в пределах северной и средней подзон тайги. Их результаты показали достоверные различия в течение периода наблюдений.

*химические анализы почв выполнены в ЦКП «Арктика» САФУ им. М.В. Ломоносова

Библиографический список

1. Беляев, В.В. Особенности распространения высокопродуктивных хвойных лесов в таежных ландшафтах Европейского Севера / В.В. Беляев, П.С. Бурлаков // Вестн. Помор. ун-та. Сер. «Естеств. и точ. науки». – 2006. – № 1(9). – С. 49–53.
2. Беляев, В.В. Влияние узлов тектонических дислокаций на характер выпадения осадков в лесных экосистемах / В.В. Беляев, Ю.Г. Кутинов, З.Б. Чистова и др. // Вестн. Помор. ун-та. Сер. «Естественные и точные науки». – 2009. – № 2. – С. 45–50.
3. Грязкин, А.В. Недревесная продукция леса: Учебное пособие / А.В. Грязкин, А.Ф. Потокин. – СПб.: СПбГЛТА, 2005. – 152 с.
4. Демидова, Н.А. Значение недревесной продукции леса в лесном секторе / Н.А. Демидова // Научно-техническая политика и развитие новых отраслей экономики Архангельской области. Тезисы докладов научно-практической конференции. – Архангельск, 1998. – С. 32–33.
5. Кутинов, Ю.Г. Разломно-блоковая тектоника и ее роль в эволюции литосферы / Ю.Г. Кутинов, З.Б. Чистова // Литосфера и гидросфера европейского Севера России. Геоэкологические проблемы. – Екатеринбург, 2001. – С. 68–113.
6. Телишевский, Д.А. Сокровища леса (Комплексное использование недревесной продукции леса) / Д.А. Телишевский. – Львов. Изд. объедин. «Вища школа», 1974. – 488 с.
7. Беляев, В.В. Влияние конвективного теплового потока Земли на условия роста лесных и сельскохозяйственных растений Архангельской области / В.В. Беляев, С.И. Дровнина, А.В. Левачев. – Архангельск: Солти., 2007. – 176 с.
8. Цареградская, С.Ю. Влияние рекреационных нагрузок на состояние различных видов недревесных ресурсов леса / С.Ю. Цареградская, Л.Е. Курлович // Леса и лесное хозяйство в современных условиях: материалы Всерос. конф. с междунар. участием / отв. ред. А.П. Ковалев. – Хабаровск: ФГУ «ДальНИИИЛХ», 2011. – С. 204–205.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОДСУШКИ ОСИНЫ НА ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ

Н.В. БЕЛЯЕВА, доц. каф. лесоводств СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, канд. с.-х. наук,
 А.В. ГРЯЗЬКИН, проф. каф. лесоводства СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, д-р биол. наук,
 Н.В. КОВАЛЕВ, асп. каф. лесоводства СПбГЛТУ им. С.М. Кирова,
 А.А. ФЕТИСОВА, асп. каф. лесоводства СПбГЛТУ им. С.М. Кирова,
 И.А. КАЗИ, асп. каф. лесоводства СПбГЛТУ им. С.М. Кирова

galbel06@mail.ru, lesovod@bk.ru

Основная тенденция возобновительного процесса на вырубках в условиях таежной зоны – смена пород, т.е. происходит трансформация хвойных в сообщества лиственных пород с преобладанием осины и березы. При проведении рубок в ельниках сохранение подраста ели как способ возобновления хвойных

пород в этих условиях себя в полной мере не оправдывает. Лишь в редких случаях на месте коренных древостоев формируются чистые ельники. Способствовать воспроизводству ели после сплошных рубок можно посредством проверенных на практике мер содействия естественному лесовозобновлению.

Характеристика объектов исследования до сплошной рубки

Номер объекта исследования	Ярус	Средние		Относит. полнота	Запас, м ³ /га	Состав древостоя	Класс бонитета	Тип леса
		высота, м	диаметр, см					
Рубка и подсушка осины не проводились (контроль)								
1	I	30	34	0,5	280	6Ос ₁₂₀ 2Б ₁₂₀ 1С ₁₂₀ 1Е ₁₂₀	II	Ос.КС
2	I	28	33	0,7	350	5Ос ₁₂₀ 1Б ₁₂₀ 2С ₁₃₀ 2Е ₁₃₀	II	Ос.ЧС
3	I	31	36	0,5	290	7Ос ₁₂₀ 2С ₁₂₀ 1Е ₁₂₀	I	Ос.КС
Механическая подсушка осины проведена за 3 года до рубки								
4	I	27	31	0,5	240	6Ос ₁₁₀ 3Б ₁₁₀ 1Е ₁₆₀	II	Ос.КС
5	I	24	28	0,5	240	4Ос ₁₁₀ 2Б ₁₁₀ 2Е ₁₂₀ 2Е ₈₀ +С	II	Ос.ЧС
Механическая подсушка осины проведена в год рубки								
6	I	28	34	0,6	300	5Ос ₁₂₀ 3Б ₁₂₀ 2С ₁₈₀	I	Ос.КС
7	I	27	35	0,6	290	3Ос ₁₁₀ 3Б ₁₁₀ 3С ₁₄₀ 1Е ₁₃₀ +Е	II	Ос.ЧВ
Механическая подсушка осины проведена через 3 года после рубки								
8	I	28	31	0,6	300	4Ос ₁₁₀ 2Б ₁₁₀ 2Е ₁₅₀ 2Е ₇₀	I	Ос.КС
9	I	27	32	0,6	290	6Ос ₁₁₀ 2Б ₁₁₀ 1С ₁₄₀ 1Е ₁₂₀	II	Ос.КС
10	I	29	33	0,6	290	6Ос ₁₂₀ 2Б ₁₂₀ 3Е ₁₄₀	II	Ос.ЧС
Химическая подсушка осины								
11	I	27	32	0,80	430	7Лп3Е ед. Ильм, Кл, Ос	I	Лп.КС
	II	11	14	0,1	12	9Ос1Е+Б		
12	I	27	34	0,84	440	8Е1Лп1Клед. Ильм, Ос	I	Е.КС
	II	13	15	0,2	40	7Е3Ос+Б		
13	I	25	30	0,70	343	8Е2Б	II	Е.ЧС
	II	16	14	0,1	13	5Б5Ос+Е ед. С, Олч		
14	I	20	24	0,67	206	6Б4Е ед. Олч	II	Б. ХС
	II	15	12	0,2	28	9Ос1Е+Б Олч		
15	I	28	38	1,10	513	7Е2Б1Олч+Кл	I	Е.КС
	II	17	16	0,3	90	7Лп3Е ед. Ильм, Кл, Ос		

Примечание. КС – кисличный; ЧС – черничный свежий; ЧВ – черничный влажный; ХС – хвощево-сфагновый типы леса

Одной из эффективных мер содействия естественному возобновлению ели, на наш взгляд, является подсушка осины, которая рекомендуется обычно в ельниках с примесью осины, чаще всего зараженной стволовой гнилью. Различают механическую и химическую подсушку осины для подавления порослевой способности.

Целью исследования являлась оценка успешности естественного возобновления ели после сплошных рубок, проведенных в комплексе с механической или химической подсушкой осины.

Объектами изучения являлись молодняки, сформировавшиеся на участках сплошных рубок в древостоях с предварительной, сопутствующей и последующей механической подсушкой перестойной осины («кольцеванием») в Лисинском и Перинском лесни-

чествах Лисинского учебно-опытного лесхоза (объекты 1–10) и 5 участков с химической подсушкой осины в опытном хозяйстве «Могутовский лес» Псковской области (объекты 11–15). Характеристика объектов представлена в табл. 1.

Сплошные рубки осуществлены в спелых смешанных хвойно-лиственных и лиственно-хвойных насаждениях с участием осины в составе древостоев от 3 до 9 ед. Давность проведения рубки на момент исследовательских работ составляет 7–10 лет.

Механическая подсушка осины применялась за 3 года рубки – предварительная подсушка, в год рубки – сопутствующая и через 3 года после рубки – последующая. Во всех вариантах опыта применена одинаковая технология механической подсушки осины: в период весеннего сокодвижения по всей ок-

Характеристика подроста на объектах исследования после сплошной рубки

Номер объекта исследования	Состав подроста	Численность, тыс. экз./га
Сплошная рубка и подсушка осины не проводились		
1	5,2Б	4,1
	2,7Е	2,0
	2,0Ос	1,7
	0,1С	0,1
		Σ 7,9
2	4,1Е	3,8
	3,5Б	3,4
	2,2Ос	2,3
	0,2С	0,2
		Σ 9,7
3	4,0Е	3,0
	4,0Б	3,0
	2,0Ос	1,8
	ед.С	0,1
		Σ 7,9
Механическая подсушка осины проведена за 3 года до сплошной рубки		
4	6,0Е	6,3
	2,0Ос	2,6
	2,0Б	2,0
	ед.С	0,1
		Σ 11,0
5	4,9Е	2,5
	4,8Б	2,5
	0,3Ос	0,2
		Σ 5,2
Механическая подсушка осины проведена в год сплошной рубки		
6	5,4Е	3,4
	2,3Б	1,7
	2,2Ос	1,8
	0,1С	0,1
		Σ 7,0
7	4,7Е	3,5
	3,6Б	2,8
	1,3Ос	1,1
	0,3Олч	0,3
		0,1
		Σ 7,8
Механическая подсушка осины проведена через 3 года после сплошной рубки		
8	4,1Е	3,8
	2,8Ос	2,8

Номер объекта исследования	Состав подроста	Численность, тыс. экз./га	
8	2,0Б	1,8	
	1,0Олс	0,9	
	0,1С	0,1	
		Σ 9,4	
9	3,8Е	3,2	
	2,4Ос	2,2	
	1,9Б	1,6	
	1,7Олс	1,6	
		0,1	
		Σ 8,7	
10	3,5Б	4,5	
	3,2Е	4,2	
	2,6Ос	3,7	
	0,7Олс	1,0	
		ед.С	0,1
		Σ 13,5	
Химическая подсушка осины			
11	5,9Кл	5,2	
	2,1Лп	1,8	
	1,6Ос	1,4	
	3,0Е	0,3	
	1,0Вяз	0,062	
	ед.Б	0,031	
		Σ 8,8	
12	6,4Кл	4,8	
	2,3Ос	1,7	
	7,0Е	0,5	
	6,0Лп	0,4	
	Ед. Яс	0,03	
		Σ 7,5	
13	5,4Е	8,6	
	2,8Ос	4,5	
	1,8Б	2,7	
		Σ 15,8	
14	7,6Е	6,1	
	1,3Ос	1,1	
	1,1Б	0,9	
	ед. С	0,033	
		Σ 8,1	
15	6,1Е	3,2	
	1,6Кл	0,8	
	1,1Б	0,5	
	1,0Олч	0,5	
		2,0Ос	0,1
		Σ 5,1	

ружности стволов, в их комлевой части, снята кора при ширине ремня 50–70 см.

При химической подсушке использовался способ инъекций. Сущность этого спо-

соба заключалась в том, что на нижней части ствола, на высоте, удобной для работающего, наносились насечки, в которые вводился арборицид (раундап).

При изучении процесса естественного лесовозобновления определяли следующие показатели, позволяющие оценивать успешность возобновления леса: численность подроста на единице площади, его жизнеспособность и равномерность размещения подроста по площади (встречаемость).

Учет подроста осуществлялся на круговых площадках по 10 м², закладываемых на одинаковом расстоянии друг от друга по свободному ходу. Учетные площадки закладывали при помощи шеста длиной 178,5 см. Центр очередной учетной площадки устанавливался при помощи этого же шеста, для чего его продвигали вперед по ходу на две длины. Этим достигалось непосредственное примыкание учетных площадок друг к другу. При этом центры смежных учетных площадок всегда были удалены друг от друга на одинаковое расстояние – 2 × 178,5 см [1]. Было заложено от 30 до 100 круговых площадок в зависимости от площади опытного участка. Полученные результаты приведены в табл. 2.

На объектах с механической подсушкой осины также был выполнен детальный учет жизнеспособности подроста ели. По состоянию подрост делили на три категории: жизнеспособный, нежизнеспособный и сухой. Жизнеспособность подроста определяли по методике А.В. Грязькина [2] по величине прироста за последние 3, 5 и 10 лет (Z_3 , Z_5 , Z_{10}). Подрост считали жизнеспособным, если соотношение абсолютных значений указанных приростов подчиняется следующему неравенству: $Z_3 > Z_5 > Z_{10}$. При обратных знаках такого неравенства: $Z_3 < Z_5 < Z_{10}$ подрост относили к нежизнеспособному.

Для установления жизнеспособности подроста использовались и другие количественные и качественные показатели [2]: цвет хвои (насыщенный зеленый цвет – жизнеспособный подрост, желтой хвои более 1/3 – нежизнеспособный); протяженность кроны (до 1/3 – нежизнеспособный подрост, более 1/3 – жизнеспособный); доля сухих ветвей (отсутствует или единично – жизнеспособный подрост, более 1/3 от общего количества – нежизнеспособный). Результаты исследований показаны в табл. 3.

Проанализируем полученные результаты исследований.

На большинстве объектов исследования с механической подсушкой осины (объекты 1–10) формируются молодняки с заметным преобладанием в их составе ели. Исключение составляет объект 1 (контроль), где господствует подрост березы. Это объясняется преобладанием березы в составе материнского древостоя (5 единиц).

На объектах 4 и 5, где механическая подсушка осины проведена за 3 года до сплошной рубки, доля ели возрастает до 5–6 единиц, а на долю березы приходится 2 и 5 единицы соответственно. Доля осины снижается до 2 единиц на участке 4, а на объекте 5 осина встречается единично. Видимо, это можно объяснить следующими причинами. Во-первых, предварительная подсушка перестойной осины наиболее эффективна по сравнению с сопутствующей или последующей и, во-вторых, ельник травяно-таволжный – не самые благоприятные условия для возобновления осины.

На участках 6 и 7, где механическая подсушка осины проведена в год сплошной рубки, на ель приходится 5 единиц, доля березы возрастает до 2 и 4 единиц соответственно объекту исследования, а доля осины составляет 2 единицы. На указанных объектах единично встречается сосна. Во влажном ельнике долгомошнике в составе подроста появляется в незначительном количестве ольха черная.

Т а б л и ц а 3

Распределение подроста ели по категориям состояния, %

Номер пробной площади	Жизнеспособный	Нежизнеспособный	Сухой
1	76,7	21,9	1,4
2	95,4	3,8	0,8
3	90,2	2,6	7,2
4	91,1	8,9	0
5	91,1	8,9	0
6	92,7	5	2,3
7	94	6	0
8	97,5	2,5	0
9	96,5	2,9	0,6
10	94,7	5,3	0
Итого	91,5	7,2	1,3

На объектах 8–10, где механическая подсушка осины проведена через 3 года после рубки, доля ели составляет 3–4 единицы, березы – 2–4, ольхи серой – 1–2 и единично встречается сосна. Следует подчеркнуть, что при данном варианте опыта доля осины возрастает до 3 единиц.

Таким образом, механическая подсушка перестойной осины, проведенная за несколько лет до сплошной рубки или в год рубки, способствует увеличению доли ели в составе формирующихся молодняков до 5–6 единиц и снижает численность порослевой осины по сравнению с контролем в среднем 16–44 %, с последующей подсушкой осины доля осины увеличилась в среднем на 30 %.

На участках с химической подсушкой осины (объекты 11–15) большая численность подроста ели была зафиксирована на пробных площадях 13 (8,6 тыс. экз./га) и 14 (6,1 тыс. экз./га). На указанных объектах подрост ели в основном представлен генерацией предварительного возобновления и уже не испытывает конкурентного давления со стороны осины. Здесь можно ожидать формирования полноценного елового древостоя, так как численность подроста ели в несколько раз превышает численность подроста осины.

В достаточном количестве для формирования будущего елового древостоя (более 3 тыс. экз./га) подрост присутствует на участке 15. Другие породы здесь представлены меньше в связи с очень высокой полнотой 2-ярусного древостоя (относительная полнота первого яруса 1,1; второго – 0,3).

На богатых почвах (объекты 11 и 12) в подросте присутствуют широколиственные породы, причем численность клена составляет около 5 тыс. экз./га. В этих условиях подрост ели представлен слабо, что можно объяснить доминированием липы и клена, таких же теневыносливых пород, как и ель.

При изучении процесса естественного лесовозобновления кроме численности подроста на единице площади особое внимание уделялось надежности подроста (его состоянию). Именно этот показатель позволил дать оценку как успешности возобновления леса, так и качеству проводимых сплошных рубок

в комплексе с проводимыми мерами содействия естественному лесовозобновлению.

Как видно из табл. 3, количество жизнеспособного подроста ели варьирует от 77 до 98 % от общей численности елового подроста. Это связано, в первую очередь, с правильно подобранной технологией лесосечных работ, позволяющей сохранить большой процент имеющегося подроста, и с высокой квалификацией рабочих, которые проводили рубки. Это подтверждают и исследования, проведенные нами на других объектах [3, 4].

Наименьшее количество жизнеспособного подроста отмечено на контрольных участках, где механическая подсушка осины и сплошная рубка не проводились (объекты 1 и 3) – 76,7 и 80,2 % соответственно. Данное явление объясняется угнетением подроста ели под пологом материнского древостоя. На объектах, пройденных сплошными рубками в комплексе с механической подсушкой осины, независимо от варианта опыта количество жизнеспособного подроста превышает 90 %, что свидетельствует о высоком качестве проведения сплошных рубок и эффективности мер содействия естественному лесовозобновлению.

На долю нежизнеспособного подроста ели приходится от 2,3 до 21,9 % экземпляров, сухого – от 0,6 до 2,3 % (табл. 3). Наибольшее количество нежизнеспособного и сухого подроста зафиксировано на контрольных участках, а наименьшее – на участках с рубкой и подсушкой осины. О причинах таких закономерностей уже говорилось выше.

Для оценки влияния времени подсушки осины (за несколько лет до рубки, в год рубки и через несколько лет после рубки) нами была проанализирована жизнеспособность подроста по вариантам опыта (табл. 4).

Анализ данных табл. 4 позволяет выявить ряд закономерностей в распределении подроста ели по категориям состояния в зависимости от варианта опыта. Для данной породы на тех объектах исследования, где подсушка осины проводилась спустя 3 года после рубки, жизнеспособного подроста оказалось на 2,5–3 % больше, чем на других участках. Объясняется подобное явление наличием на

Распределение подроста ели по категориям состояния и вариантам опыта, %

Вариант опыта	Жизнеспособный	Нежизнеспособный	Сухой
Подсушка осины не проводилась	84,1	12,8	3,1
Подсушка осины проведена за 3 года до сплошной рубки	93,9	5,7	0,4
Подсушка осины проведена в год сплошной рубки	93,4	5,5	1,1
Подсушка осины проведена через 3 года после рубки	96,2	3,6	0,2

момент проведения сплошной рубки большого количества жизнеспособного крупного подроста ели, который удалось сохранить при рубке и который быстро приспособился к новым экологическим условиям.

Следует отметить, что на контрольных участках, где сплошная рубка и подсушка осины не проводились, количество жизнеспособного подроста на 10–12 % меньше, чем на остальных объектах, что связано с влиянием материнского древостоя (табл. 4).

Резюмируя вышесказанное, можно отметить, что и механическая, и химическая подсушка осины является эффективной мерой содействия естественному лесовозобновлению ели после сплошных рубок. При небольших затратах на подавление порослевой способности осины доля хвойных пород в составе молодняков существенно увеличивает-

ся, а количество вегетативных побегов осины и их высота существенно снижаются.

Библиографический список

1. Грязькин, А.В. Патент № 2084129, Российская Федерация, МКИ С 6 А 01 G 23/00. Способ учета подроста / А.В. Грязькин. – № 94022328/13; Заяв. 10.06.94; Оpub. 20.07.97, Бюл. № 20.
2. Грязькин, А.В. Возобновительный потенциал таежных лесов (На примере ельников Северо-Запада России) / А.В. Грязькин. – СПбЛТА, 2001. – 188 с.
3. Беляева, Н.В. Особенности естественного лесовозобновления в сосняках брусничных после рубок ухода и комплексного ухода за лесом / Н.В. Беляева, Е.А. Шестакова // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии: Вып. 185. – СПб.: СПбЛТА, 2008. – С. 18–28.
4. Беляева, Н.В. Закономерности естественного лесовозобновления на объектах рубок ухода и комплексного ухода за лесом / Н.В. Беляева, Д.А. Данилов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии: Вып. 188. – СПб.: СПбЛТА, 2009. – С. 30–39.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЕЛЬНИКОВ РУБКАМИ ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ

Ф.Н. ДРУЖИНИН, доц. каф. лесного хозяйства ВГМХА им. Н.В. Верещагина, канд. с.-х. наук

drujinin@mail.ru

Восстановление коренных темнохвойных формаций требует реализации специальной программы, ядром которой может стать вовлечение вторичных лиственных лесов в хозяйственный оборот посредством выборочных форм рубок. Такие рубки, за последние 15 лет, взяты на вооружение отдельными предприятиями лесного комплекса Вологодской области. Тем не менее, в создавшейся ситуации после ввода в действие «Лесного кодекса», когда еще не полностью подготовлена нормативная база, основной упор в последнее время делается на сплошные способы рубок.

Специализированный вид рубок ухода за лесом под названием «Рубки переформирования» появился недавно. До выхода

«Наставления по рубкам ухода...» [3] они назывались реконструктивными рубками. Прошлое их название, на наш взгляд, более точно отражало суть и задачи этих рубок – реконструкция, то есть коренное изменение составляющих компонентов древостоя для создания благоприятных условий роста ценных (целевых) древесных пород.

Вопросами проведения рубок ухода в лиственных, лиственно-еловых насаждениях занимался широкий круг исследователей [2, 7]. Потребности механизации работ по уходу за лесом обусловили изыскание таких способов и интенсивности выборки запаса, которые приемлемы с лесоводственной и экологической точек зрения. Рационализация способов

рубок шла по пути упрощения отбора деревьев в рубку, сокращения числа приемов. Разрабатывались и организационные основы создания специализированных хозсекций ускоренного выращивания древостоев для получения балансового сырья.

Предлагалось проводить в лиственных насаждениях выборочные рубки с отпускного диаметра с целью создания благоприятных условий для ели, находящейся под пологом лиственных пород. Однако в дальнейшем до 60–80 % сохраняемых тонкомерных деревьев лиственных пород погибают от лесоразрушающих факторов. Гибель происходит от ветровала, ветролома, снеголома, снеговала. Значительная доля сохраняемых деревьев, и в первую очередь береза, принимает дугообразную форму ствола, что визуальным образом фиксировалось на лесосеках прошлых лет. В итоге состояние древостоя имеет расстроенный вид. Выполнение последующих приемов рубок становится экономически нецелесообразным. В нашей области практически отсутствуют лесосеки, где были бы выполнены последующие приемы рубок.

Дорастивания части лиственного полога на фанерное сырье и пиловочник при одновременном решении основной задачи – восстановление темнохвойных формаций – практически не велось. Вологодская область в этом плане является первопроходцем в указанной лесохозяйственной деятельности.

На современном этапе и в ближайшей перспективе рассчитывать на восстановление лесов путем создания лесных культур не приходится. Связано это с объемами потребности лесокультурного производства, низким их качеством, с использованием посадочного (посевного) материала неизвестного происхождения, отступлениями в технологическом процессе подготовки почвы, посадки или посева и отсутствия системы надлежащих уходов по причинам, связанным с недостаточностью финансирования искусственного лесовосстановления. Общеизвестным в настоящее время является то, что в таежной зоне для лесокультурного производства может использоваться не более 30–40 % от общей площади, нуждающейся в лесовосстановлении

[2]. При освоении лесов особое внимание необходимо уделять выборочным рубкам, к которым относятся и рубки переформирования с целью коренного изменения породного состава и возрастного строения древостоев [1].

Полевые работы, включая динамические наблюдения, выполнялись на ранее установленном Вологодской региональной лабораторией Северного НИИ лесного хозяйства стационаре. Площадь стационарного объекта составляет 11,2 га, а в нем каждый вариант по методам и интенсивности рубок не менее 1 га. В вариантах закладывались пробные площади прямоугольной формы размером не менее чем 20 × 50 м с учетом требований ОСТ 56-69-83 и методических рекомендаций В.Н. Сукачева и В.Н. Зонна [9].

Перечет древостоя производился по породам с записью истинных диаметров и повреждений (М – механические, В – вывал, Сн – снеголом или ветролом, Сух – сухостой). Здоровые особи учитывались без дополнительных обозначений. Средняя высота элемента леса определялась на основании замера высот у 10–15 деревьев по их пропорционально-ступенчатому представителю.

Сопутствующее возобновление оценивалось по методикам, указанным в работах А.В. Побединского [5]. Учетные площадки (1 × 1 м) закладывались под пологом древостоя в количестве 10 шт. на каждой пробной площади. По вариантам опыта отбиралось по 10 модельных деревьев для анализа хода роста. Их разделка и отбор древесных срезов производился по следующей высотной градации: 0; 0,65; 1,3; 2,3; 4,3; и далее по двухметровым отрезкам. Обработка экспериментального материала осуществлялась в соответствии с общепризнанными в таксации и лесоводстве методами с использованием ПК.

Исследования по лесоводственной эффективности рубок переформирования выполнены на стационаре, находящемся на территории Мондомского участкового лесничества в 98 квартале, выдел 18 и 19, включающем 4 варианта рубок с разной интенсивностью изреживания древесного полога при сортиментной заготовке древесины. Лесосечный фонд представлял собой спелый бе-

резовой фитоценоз семенного происхождения, сформировавшийся на месте сплошных рубок. Древостой характеризовался высокими таксационными показателями: бонитет – I, полнота – 0,9, запас стволовой древесины – свыше 250 м³/га. Преобладающей породой являлась береза (7–10 единиц). Хвойный элемент леса представлен подпологовой елью, состоящей из подроста и деревьев II яруса.

Почвенный покров представлен дерново-подзолистыми почвами. Дернина слабо развита. Гумусовый горизонт имеет прерывистое вместе с горизонтом А₂ сложение. Подзолистый горизонт достигает 6–8 см, что указывает на среднеподзолистый тип почв. Почвенные горизонты по механическому составу относятся к суглинкам.

На богатство лесорастительных условий указывает живой напочвенный покров. Его флористический состав, судя по контрольному без рубки участку, довольно развит. Вместе с лесным разнотравьем из представителей с листовой поверхностью довольно значимо участие злаковых растений, которые размещаются по площади сравнительно равномерно. Широкоотравные виды размещены преимущественно биогруппами и куртинами. Покров из зеленых мхов изрежен, его проективное покрытие не превышает 20–25 %.

Технологический процесс лесоразработок включал сортиментную заготовку древесины. Лесосечные работы велись бригадой (звеном) вальщиков (валка деревьев и заготовка сортиментов) с последующим сбором сортиментов форвардером. Основным нарушением лесоводственных требований являлось образование колеи в местах прохода сортиментовоза. В отдельных местах (по тальвегам) глубина колеи достигала 50 см. К моменту повторных лесоучетных работ произошло оплывание и определенное выравнивание колеи. Ее поверхность повсеместно покрылась травяно-моховой растительностью.

Способ очистки лесосек включал равномерное разбрасывание порубочных остатков по площади лесосеки с их приземлением и измельчением до 2 м. В настоящее время порубочные остатки разложились и не создают препятствий, неудобств для пешего передвижения.

Изменение лесной среды при выполнении технологических процессов связано, в свою очередь, со степенью повреждения почв. Ширина непрямолинейных технологических коридоров не превышала 4,5 м. Разработка лесосеки бригадой вальщиков с использованием форвардера позволила обеспечить оптимальную ширину общей пасеки в пределах 20 м.

Оценки механических воздействий на почву имели общие черты по категориям площади лесосек и сезона лесоразработок (табл. 1). Степень повреждаемости почв распределяется по мере уменьшения в следующем порядке: места складирования, обработки и отгрузки древесины, объездные и пасечные технологические коридоры. При зимней заготовке, в отличие от летней, меньше площадь, характеризующаяся 1-ой (перемешивание почвенных горизонтов по всей поверхности) и 2-ой (прерывистое повреждение почвенных горизонтов) степенью нарушения почвенного покрова.

При сортиментной заготовке древесины повреждаемость почв первой степени происходит лишь на отдельных участках объездных коридоров и в зонах подъезда к местам складирования древесины. Повреждения проявляются преимущественно (более 80 %) с образованием колеи от колес техники, но с сохранением живого напочвенного покрова между ними.

Т а б л и ц а 1

Распределение площади лесосек по категориям повреждаемости почв

Категория площади лесосек, степень повреждения почв	Площадь повреждения по сезонам года, %	
	Летом	Зимой
1. Места складирования, технологические коридоры:	5	4
1 степень	1	
2 степень	3	2
3 степень	1	2
2. Пасечные волоки:	15	14
1 степень		
2 степень	6	4
3 степень	9	10
3. Пасеки с лесной средой	80	82
4. Всего по лесосекам:	20	18
1 степень	1	
2 степень	9	6
3 степень	10	12

Состояние компонентов древостоя

№ пр. пл.	Время учета	Показатели состояния (1 – здоровый, 2 – поврежденный, 3 – усыхающий, 4 – сухой) древостоя и подроста, %							
		Древостой				Подрост			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1	после рубки	93,1	6,3	0,6		81,7	15,5	2,8	
	через 14 лет	68,8	14,0	5,4	11,8	78,6	17,2	3,7	0,5
2	после рубки	96,2	3,6	0,2		85,0	9,8	5,2	
	через 14 лет	65,3	15,8		18,9	90,3	5,6	4,0	0,1
3	после рубки	95,4	4,2	0,4		76,0	18,2	5,8	
	через 14 лет	75,7	14,3	2,9	7,1	73,3	19,1	6,7	0,9

Несомненно, степень повреждения, глубина образования колеи зависит от сезона производства лесосечных работ. Передвижение форвардеров по насыщенной влагой почве резко ухудшает состояние не только объездных волоков, подъездов к местам штабелевки, но и отдельных технологических коридоров. Повреждаемость почв увеличивается до 2-й, а в пониженных элементах рельефа – до 1-й степени. В зимнее время, при наличии снежного покрова и установившейся морозной погоде, в местах прохода техники сохраняется живой напочвенный покров.

По результатам обследования механические воздействия на почву и компоненты древостоя не отклонялись от допустимых параметров. Наиболее распространенными видами повреждений являлись ошмыг кроны, обдир коры до камбия или с механическим повреждением древесины, механические повреждения комлевой части и корневых лап у деревьев, прилегающих к местам прохода техники, подрыв корневых систем, облом ствола и вершины. Эти виды механических воздействий оказывают влияние на последующее состояние древесного полога и подроста (табл. 2).

Так, через 14 лет категория здоровых деревьев с 93–96 % снижается до 75–76 %. По подросту такое положение менее выражено. Связано это с более высоким жизненным его состоянием по возрасту. В категорию усыхающие и сухой прежде всего вошли особи с повреждением корневых систем. Повреждение же камбия и поверхности ствола приводит к снижению товарной ценности древесины в местах нанесения ранений из-за появления, по крайней мере, пороков и гнили.

Таким образом, рубка любой интенсивности ослабляет устойчивость насаждения не только к лесоразрушающим факторам, но и к развитию различных болезней. Ослабление жизненного состояния компонентов древостоя приводит к тому, что 7–12 % деревьев из сохраняемой части господствующего яруса уходит в отпад. Во втором ярусе, представленном елью, величина отпада не превышает 3 %.

На стационаре оценивались рубки переформирования с интенсивностью изреживания господствующего элемента по числу стволов в пределах 40–60 %, по запасу – в интервале 30–50 % (табл. 3). Метод отбора деревьев в рубку комбинированный, преимущественно из крайних ступеней толщины. Об этом свидетельствуют данные интенсивности рубки по количеству стволов и запасу древесины. Более высокие значения показателей (%) количества выбираемых деревьев по отношению к запасу указывают на применение комбинированного метода.

Комбинированный метод отбора (пр. пл. 3, 4), включающий элементы верхового и низового методов, по мнению С.Н. Сеннова [8] и Н.А. Луганского [1], ближе к природе, так как ведется практически от всех ступеней толщины и классов роста по Крафту. В отличие от верхового метода обеспечивает разную интенсивность изреживания, в том числе и очень сильную (табл. 3), сохраняется вертикальная сомкнутость древостоя, кривая распределения по диаметрам обретает островершинный характер с высокой концентрацией деревьев в центральных ступенях толщины. Этот метод активный и вносит существенные изменения в лесорастительную среду и структуру древостоев. С другой стороны, комбинированный метод

Таксационная характеристика древостоя

№ пр.пл.	Давность рубки, лет	Средние по древостою				Количество, экз./га		Полнота		Бонитет	Запас м ³ /га	Интенсивность рубки (%) по	
		Состав	А, лет	Д, см	Н, м	стволов	подроста	м ² /га	отн.			числу стволов	запасу
1	0	10Б ед.Ос	55	16,6	20,0	663		14,1	0,47	I	137	39	46
	8	10Б ед.Ос	65	18,2	21,5	613		16,0	0,51	I	167		
	14	10Б ед.Ос	70	20,0	22,5	525	875	16,5	0,52	I	178		
2	0	9Б1Ос	55	17,3	20,5	484		11,7	0,38	I	116	56	54
	8	9Б1Ос	65	18,8	22,0	476		13,4	0,42	I	143		
	14	9Б1Ос	70	20,9	22,5	425	900	14,0	0,43	I	151		
3	0	10Б	55	19,8	21,0	510		15,7	0,51	I	160	53	37
	8	10Б	65	20,6	22,5	490		16,3	0,51	I	175		
	14	10Б	70	21,8	23,0	480	890	17,4	0,56	I	197		
4	0	10Б+С	55	18,2	20,5	679		18,1	0,59	I	181	38	29
	8	10Б+С	65	19,6	22,0	664		20,5	0,64	I	217		
	14	10Б+С	70	21,3	23,0	609	1145	22,2	0,69	I	245		
5К	0	9Б1Ос	55	17,5	20,5	1088		26,2	0,83	I	254		

Примечание: контроль (5К) через 5 лет пройден сплошной рубкой

Анализ роста компонентов древостоя

№ пр.пл.	Интенсивность рубки, %		Показатели запаса древесины по лиственному (1) и еловому (2) элементу леса, м ³ /га						Изменения по запасу древесины, м ³
	по числу стволов	по запасу	элемент леса	вырублено	сохранено	прирост за 14 лет		итого	
						Z _{общ.}	Z _{пер.}		
1	39	46	1	117	137	41	2,9	178	+41
			2			18	1,3	18	+6
2	56	54	1	138	116	35	2,5	151	+35
			2			17	1,2	17	+5
3	53	37	1	94	160	37	2,6	197	+37
			2			32	2,3	32	+20
4	38	29	1	73	181	64	4,6	245	+64
			2			22	1,6	22	+10

в большей степени сохраняет сложившуюся архитектуру насаждений, что обеспечивает более полное их функционирование как экосистем и выполняемых ими экологических функций.

Критерием качественной оценки выполнения элементов данного метода при отборе деревьев в рубку могут служить средние таксационные показатели древостоя – высота и диаметр. Средняя высота древостоя при возрасте 55–60 лет остается на том же уровне. Средний диаметр должен иметь увеличение или сохранять тенденцию к увеличению, что выражено на пробных площадях 3, 4.

В пройденных рубками насаждениях по комбинированному методу отбора дере-

вьев, как и при всех видах лесопользования, проявляется отрицательное воздействие лесоразрушающих факторов. Тем не менее, энергия роста в господствующем пологе значительно выше при умеренной интенсивности рубок (пр.пл. 4), где среднегодовой прирост запаса превышает 4,0 м³/га (табл. 4). Комбинированный метод рубки при последующем доращивании березы позволяет повысить общий выход с единицы площади крупномерной древесины на фанерный кряж и пиловочник.

Исходя из данных анализа хода роста (табл. 4), можно сделать вывод, что прирост запаса характеризуется высокими темпами. Чем больше количественного состава подпо-

Таксационная характеристика подпологовой ели

№ пр. пл.	Давность рубки, лет	Средние				Количество, экз./га	Полнота		Бонитет	Запас м ³ /га	Интенсивность рубки (%) по	
		Состав	А, лет	Д, см	Н, м		м ² /га	отн.			числу стволов	запасу
1	0	10E	50	8,4	8,7	438	2,44	0,12	V	13	39	46
	8	10E	60	9,4	9,9	438	3,03	0,15	V	17		
	14	10E	65	10,7	12,1	450	5,19	0,24	IV	31		
2	0	10E	50	9,1	9,3	392	2,56	0,13	V	13	56	54
	8	10E	60	10,1	9,9	392	3,14	0,16	V	18		
	14	10E	65	12,8	11,2	392	5,07	0,22	IV	30		
3	0	10E	50	8,4	7,6	740	3,35	0,19	V	18	53	37
	8	10E	60	9,0	9,2	740	4,71	0,25	V	24		
	14	10E	65	12,4	11,0	750	9,06	0,39	IV	50		
4	0	10E	50	6,4	7,3	462	1,49	0,09	V	6	38	29
	8	10E	60	8,3	8,6	462	2,52	0,14	V	12		
	14	10E	65	11,7	10,6	462	4,95	0,23	V	28		
5K	0	10E	50	8,0	8,1	510	2,56	0,15	V	12		

логовой ели (подрост, деревья II яруса ели) сохраняется после рубки, тем выше среднегодовые приросты запаса древесины. При этом различия от метода рубок не проявляются и среднегодовой прирост запаса по ели на пробных площадях за 10-летний период находится в пределах 1,6–5,0 м³/га.

В еловом элементе леса происходит усиление энергии роста на всех пробных площадях (табл. 5). Повышаются таксационные показатели – средние высота и диаметр, относительная и абсолютная полнота, запас елового элемента леса, усиливаются процессы лесовосстановления хвойными породами. По мере увеличения давности рубок определенная часть всходов, самосева переходит в стадию подроста, а подрост – в перерубную часть древостоя, слагающего II и господствующий яруса.

Таким образом, восстановление темнохвойных формаций на месте вторичных лиственных насаждений посредством рубок переформирования с использованием естественного лесообразовательного процесса дает высокий лесоводственный эффект. После их проведения формируются хвойные или, как минимум, хвойно-лиственные насаждения за счет имеющегося под господствующим пологом хвойного элемента леса и обеспечения оптимальных гидротермальных условий, усиливающих сопутствующее возобновление хвойными породами. Рубки переформирования позволяют сократить сроки лесовыращивания хвойных, хвойно-лис-

твенных лесов как минимум на 25–30 лет. Эти рубки позволяют обходиться без назначения дорогостоящего лесокультурного производства с более высокой лесоводственной эффективностью использования естественного лесообразовательного процесса.

Назначение различного метода рубок позволяет более рационально относиться к лесосечному фонду. Комбинированный метод отбора деревьев в рубку позволяет повысить выход крупномерной древесины с единицы площади.

Библиографический список

1. Луганский, Н.А. Лесоводство / Н.А. Луганский, С.В. Залесов, В.А. Щавровский. – Екатеринбург, 1996. – 318 с.
2. Мелехов, И.С. Лесоводство / И.С. Мелехов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 302 с.
3. Наставление по рубкам ухода в равнинных лесах европейской части России. – М., 1994. – 190 с.
4. ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустroительные. Метод закладки. – Введ.01.01.1984. – М.: Изд.-во стандартов, 1983. – 10 с.
5. Побединский, А.В. Изучение лесовосстановительных процессов / А.В. Побединский. – М.: Лесная пром-сть, 1966. – 64 с.
6. Правила ухода за лесами / Приказ № 185 МПР РФ от 16 июля 2007 г. – М., 2007. – 43 с.
7. Сеннов, С.Н. Рубки ухода за лесом / С.Н. Сеннов. – М., 1977. – 160 с.
8. Сеннов, С.Н. Уход за лесом / С.Н. Сеннов // Экологические основы. – 1984. – 127 с.
9. Сукачев, В.Н. Методические указания к изучению типов леса / В.Н. Сукачев, В.Н. Зонн. – М.: АН СССР, 1961. – 144 с.

УТОЧНЕНИЕ ГРАНИЦ ЛЕСОСЕМЕННОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ЕЛИ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ

Н.А. ДЕМИНА, *м.н.с. ФБУ «СевНИИЛХ», асп. каф. лесоводства и почвоведения Лесотехнического института Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова,*

Д.Х. ФАЙЗУЛИН, *с.н.с. ФБУ «СевНИИЛХ»,*

Е.Н. НАКВАСИНА, *проф. каф. лесоводства и почвоведения Лесотехнического института Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова, докт. с-х. наук.*

nadya2100@mail.ru; e.nakvasina@narfu.ru

Недостаток семян ели в силу редкого и слабого семеношения, вызванного неблагоприятными погодными условиями, является чрезвычайно острой проблемой на европейском Севере, решением которой может стать научно обоснованное районирование семязаготовок для лесовосстановления.

Для определения наиболее продуктивных и приспособленных популяций, а также для районирования поставок семян сосны, ели и других основных лесобразующих пород в 1976 – 78 гг. создана Всесоюзная сеть географических культур. Таким образом, на европейском Севере появились первые географические культуры ели, которые расположены в трех пунктах: Архангельской, Вологодской областях и Республике Коми на общей площади 52,3 га. Коллекция климатипов в географических культурах очень разнообразна. В пунктах испытания она представлена 28–33 вариантами. В нее включены происхождения, произрастающие на территории бывшего СССР от северной подзоны тайги до северной подзоны лиственных лесов (табл. 1). Ель представлена двумя видами: европейской и сибирской и их интрогрессивными гибридами.

За географическими культурами ели с момента посадки на лесокультурную площадь проводятся динамические наблюдения [1–3]. По результатам исследования их роста и приживаемости в раннем возрасте В.Я. Поповым и Т.С. Непогодыевой [4] разработано лесосеменное районирование ели на европейском Севере, которое включено в «Лесосеменное районирование основных лесобразующих пород в СССР» [5]. На каждом новом этапе развития культур даются рекомендации по совершенствованию лесосеменного районирования в части уточнения дальности возможной поставки семян для лесовосстановления в Архангельской, Вологодской областях и Республике Коми [6, 7].

В период 2008–2010 гг. проводилось изучение географических культур ели на европейском Севере, которые достигли второго класса возраста. По результатам исследования даны рекомендации по уточнению основных положений по районированию перебросок семян ели. При этом учитывались особенности роста и продуктивности потомства ели различного географического происхождения в каждом пункте испытания, а также рекомендации финских специалистов, которые

Т а б л и ц а 1

Географические координаты мест заготовки семян ели европейской и сибирской и пунктов их испытания на европейском Севере

Пункты размещения культур		Географические координаты		
область, республика	Лесхоз*	мест заготовки семян от/до		пункта испытания, с.ш./в.д.
		с.ш.	в.д.	
Архангельская	Плесецкий	67°51'/56°23'	25°38'/65°18'	62°54'/40°24'
Вологодская	Череповецкий	64°45'/48°07'	23°02'/65°18'	59°07'/37°57'
Коми	Корткеросский	67°51'/56°23'	25°38'/65°18'	61°41'/51°31'

* наименование лесохозяйственных предприятий даны согласно государственному реестру географических культур

Рост и продуктивность климатипов ели в географических культурах европейского Севера по лесорастительным подзонам

Лесорастительная подзона (зона) по С.Ф. Курнаеву (1973)	Архангельская область (31-летние)			Республика Коми (33-летние)			Вологодская область (31-летние)		
	Высота, м	Диаметр, см	Запас*, м ³	Высота, м	Диаметр, см	Запас*, м ³	Высота, м	Диаметр, см	Запас*, м ³
Северотаежная	7,0	6,7	13,42	4,3	4,1	1,84	8,4	7,9	20,99
Среднетаежная	9,2	8,0	19,73	5,8	5,5	5,51	9,5	8,8	27,05
Южнотаежная	9,0	7,7	16,94	4,9	4,6	2,32	10,4	9,5	32,43
Смешанные леса	8,8	7,3	13,65	6,0	5,7	3,98	10,1	9,2	27,69
Северная подзона листовенных лесов	–	–	–	6,6	6,3	3,59	–	–	–

*в коре на корню на 1000 шт. высаженных растений

считают, что переносить семена ели для лесовосстановления на дальние расстояния нецелесообразно, особенно в направлении с юга на север [8].

Во всех пунктах географических культур (Архангельская, Вологодская область, Республика Коми) наблюдается закономерность увеличения высоты и диаметра ели от северной подзоны тайги к смешанным лесам [9]. В связи с замедленным ростом северных климатипов и низкой сохранностью культур южного происхождения продуктивность насаждений снижается к северу и к югу от пункта испытания культур (табл. 2).

Хорошим ростом при испытании географических культур в средней подзоне тайги отличаются местная ель и популяции из близких к ней регионов. В Архангельском пункте закладки провениенций лучшими по росту являются происхождения из южной подзоны тайги, представленные елью европейской и ее гибридными формами (Ленинградская и Вологодская область), а также популяции из средней подзоны тайги (Корткеросского и Сосногорского лесничеств Республики Коми, Пряжинского лесничества Республики Карелия). В Корткеросском пункте испытания хорошими показателями по высоте отличаются юго-западные происхождения из зоны произрастания ели европейской: из Новгородской, Калужской, Тверской, Московской областей и Эстонии, но они имеют низкую сохранность, что ограничивает их использование для искусственного лесовосстановления при

нехватке местного семенного материала. В большей степени пригодны семена, полученные из Архангельской, Кировской, Свердловской областей, Республики Татарстан и Карелии. Эти климатипы при испытании в географических культурах Республики Коми имеют хорошую сохранность и отличаются средним по интенсивности ростом.

В географических культурах ели в Вологодской области (южная подзона тайги) лидерами по росту являются происхождения из зоны произрастания ели европейской: ленинградский климатип, потомства из зоны смешанных лесов. В качестве кандидатов в элиту выделяются популяции из зоны оптимума произрастания породы (Ленинградская и Псковская области), отличающиеся хорошей сохранностью и ростом.

На основе комплексного анализа климатипов в каждом пункте испытания географических культур ели проведена корректировка границ поставок семян с сохранением лесосеменных районов по действующему «Лесосеменному районированию...», 1982 г. (табл. 3).

При поставке семян ели в Мурманскую область (Кольский лесосеменной район) необходимо учитывать специфические условия этого лесосеменного района. Здесь рекомендуется использовать только местные семена. Кроме местных семян возможно расширение поставок в центральную и южную часть области за счет северной части Архангельской области и севера Республики Карелия.

Нижнемезенский лесосеменной подрайон (24а) находится на северо-востоке Архангельской области и включает Мезенское и Лешуконское лесничества. Поставщиками семян ели для них могут служить только те предприятия, которые располагаются на севере Архангельской области и Республики Коми, а также в северной и центральной части Республики Карелия.

При районировании ели для Нижнедвинского лесосеменного района (3) (Архангельская область севернее 63° с.ш.) исключается переброска семян из Кировской области. Нецелесообразна поставка семян из южных частей Республики Коми, следует ограничиться только ее западной частью. Семена следует закупать со всей Архангельской области, Республики Карелия и с севера Вологодской области.

Для Южноархангельского лесосеменного подрайона (5а) (Архангельская область южнее 63° с.ш.) ввоз семян ели следует ограничить территорией с юга 58° с.ш. Недопустимо использовать семена из Псковской, Кировской и Костромской областей. Насаждения, выращенные из семян этих происхождений, будут малопродуктивны. Применение семян ели на юге Архангельской области из Вологодской области, южных частей Республики Коми, южных и центральных частей Республики Карелия, а также с севера Тверской, Ярославской, Новгородской и Ленинградской (восточная часть) областей позволит вырастить насаждения, по продуктивности не уступающие местным.

Для выращивания продуктивных насаждений ели в Архангельской области необходимо ограничить перемещение семян с востока (не восточнее 58° в.д.). Предпочтение следует отдавать семенам из западной части лесорастительной подзоны, что согласуется с ранее проведенными исследованиями [10].

Закупку семян ели на юго-запад Республики Коми не рекомендуется проводить в Ярославской, Тверской, Костромской, Свердловской областях, Удмуртии. Эти территории существенно отличаются от пункта испытания по климатическим характеристикам. Стоит ограничить ввоз семян северо-восточ-

ной частью Вологодской области и севером Пермского края. Остальные территории, рекомендуемые лесосеменным районированием в качестве поставщиков семян, остались без изменения.

Переброску семян ели на юго-восток Республики Коми (лесосеменной подрайон 25б) следует ограничить с севера 58° с.ш. Необходимо исключить из числа районов-поставщиков семян Вологодскую, Тюменскую области, Республику Удмуртию. Для этого региона следует закупать семена в северных лесничествах Пермского края и Кировской области, в западных лесничествах в Свердловской области, в южных – в Архангельской области.

На северо-западе и северо-востоке Республики Коми (севернее 63° с.ш.) (лесосеменной подрайон 24б и 25а соответственно) территория допустимых перемещений ограничивается координатами с севера – ареалом вида, с юга – 61° с.ш. Поставку семян ели рекомендуется осуществлять только из Архангельской области и Республики Коми (северная и центральная часть). Для северо-востока Республики Коми желательно ввозить семена из восточной части Архангельской области.

Для Республики Коми рекомендуется исключить ввоз семян ели со всей территории Тверской и Ярославской областей, а также с запада Вологодской и Костромской областей, включенных в действующее лесосеменное районирование.

Северо-вологодский лесосеменной подрайон (5в) охватывает территорию Вологодской области севернее $59^{\circ}30'$ с.ш. Границы территории поставщиков семян ели в этот регион сужены до северной части Новгородской, Кировской, Тверской, Ярославской, Псковской областей. Остальные территории, рекомендуемые лесосеменным районированием в качестве поставщиков семян, остались без изменений.

Южная часть Вологодской области исключает возможность переброски семян ели из Республик Марий-Эл и Татарстан. Остальные границы районов-поставщиков семян соответствуют ранее принятым.

Соблюдение установленных границ районов-поставщиков семян, правил и рекомен-

Уточнение действующих границ переборки семян ели на европейском Севере

Лесосеменной район		Лесосеменной подрайон		Лесосеменные районы-поставщики семян по действующему «Лесосеменному» районированию» (1982 г.)		Уточнение границ переборки семян в 2011 г.	
№	Наименование	Наименование	Территория предприятия	№	Территория	№	Территория
1	Кольский		<u>Мурманская</u> Полярный, Ловозерский, Терский, Печенгский, Кольский, Мончегорский, Зашейковский, Кировский, Кандалакшский, Ковдозерский	1, 2а, 2б, 3, 24а, 24б, 5а, 5б, 25а, 25б	Мурманская, Карелия (с, ц), Архангельская, Коми	1, 2а, 3(с), 24а	Мурманская, Карелия (с), Архангельская (с) 64° – 69° с.ш.
3	Нижнедвинский		<u>Архангельская (севернее 63°с.ш.)</u> Архангельская, Северодвинский, Холмогорский, Онежский, Емецкий, Обозерский, Сурский, Карпогорский, Пинежский	3, 24а, 5а, 2а, 4, 5б, 5в, 25б, 7а, 2б	Архангельская, Карелия, Вологодская (с), Кировская (с), Коми (ю)	3, 5а, 24а, 2а, 2б, 4, 5в, 5б	Архангельская, Карелия, Вологодская (с), Коми (з) 59° – 67° с.ш.
5	Верхнедвинский	5а Южноархангельский	<u>Архангельская (южнее 63°с.ш.)</u> Плесецкий, Березниковский, Приозерный, Пуксозерный, Верхне-Тоемское, Выйский, Каргопольский, Няндомский, Шенкурский, Коношский, Вельский, Устьянский, Красноборский, Яренский, Котласский, Вилегодский	5а, 2б, 4, 5в, 6а, 6б, 10а, 5б, 7а, 25б, 9а, 9б	Архангельская (ю), Карелия (ц, ю), Ленинградская, Тверская, Вологодская, Кировская, Коми (ю), Костромская, Новгородская, Псковская, Ярославская	5а, 4, 2б, 9а, 10а, 5в, 6а, 5б, 25б, 9б	Архангельская (ю), Карелия (ю, ц), Ленинградская (в), Тверская (с), Вологодская, Коми (ю), Новгородская (с-в), Ярославская (с) 58° – 63° с.ш.
5	Верхнедвинский	5б Вычегодский	<u>Коми (южнее 63° с.ш.)</u> Айкинский, Железнодорожный, Сторожевский, Летский,	5б, 25б, 5а, 5в,	Коми (ю), Архангельская(ю) Вологодская, Кировская,	5б, 25б, 5а, 5в (ч),	Коми (ю), Архангельская (ю),
			Помоздинский, Сыктывкарский, Сыктывдинский, Корткеросский, Усть-Куломский, Усть-Немский, Сысольский, Прилузский, Койгородский, Кажимский	6а, 26а, 26б, 6б, 7а, 7в, 10а, 40а, 40б	<u>Пермский, Костромская, Свердловская (з, ц, в), Удмуртия, Ярославская, Тверская</u>	7а, 7б, 26а	Вологодская (с-в), Кировская, Пермский (с) 57° – 63° с.ш.
5	Верхнедвинский	5в Северологодская	<u>Вологодская (севернее 59°30' с.ш.)</u> Андомский, Онежский, Ковжинский, Бор-Судский, Белозерский, Вашкинский, Кирилловский, Вожегодский, Верховажский, Тарногский, Нюксенский, Велико-Устюгский, Харовский, Сямженский, Тотемский	5в, 6а, 5а, 2б, 4, 7а, 10а, 6б, 9а, 9б	Вологодская, Архангельская (ю), Карелия (ц, ю), Ленинградская, Новгородская, Кировская, Костромская, Тверская, Ярославская, Псковская	5а, 6а, 5в, 4, 2б, 9а, 9б (сев. 58° с.ш.), 7а (ч), 6б, 10а (сев. 58° с.ш.)	Архангельская (ю), Вологодская, Карелия (ц, ю), Ленинградская, Новгородская (с), Кировская (с), Костромская, Тверская (с), Ярославская (с), Псковская (с) 58° – 63° с.ш.

Лесосеменной район		Лесосеменной подрайон		Лесосеменные районы-поставщики семян по действующему «Лесосеменному» районированию» (1982 г.)		Уточнение границ переброски семян в 2011 г.	
№	Наименование	Наименование	Территория предприятия	№	Территория	№	Территория
6	Сухоно-Унженский	ба Южно-вологодский	<u>Вологодская (южнее 59°30' с.ш.)</u> Бабушкинский, Никольский, Кич-Городский, Бабаевский, Кадуйский, Череповецкий, Вологодский, Чагодощенский, Кадниковский, Устюженский, Грязовецкий, Вохтогский	5в, 6а, 6б, 7а, 10а, 10б (ч), 8, 9а, 9б	Вологодская, Ленинградская, Псковская, Новгородская, Тверская, Ивановская, Кировская, Костромская, Нижегородская (л/б Волги), Ярославская, <i>Марий-Эл, Татарстан (с-з)</i>	6а, 5в, 9а, 9б, 10а, 10б (ч), 7а (сев. 58° с.ш.), 6б, 8 (ч)	Вологодская, Ленинградская, Псковская, Новгородская, Тверская, Ивановская, Кировская, Костромская, Ярославская, Нижегородская (л/б Волги) 56° – 61° с.ш.
24	Мезено-Печерский	24а Нижне-мезенский	<u>Архангельская севернее 63°с.ш.</u> Мезенский, Лешуконский	24а, 3, 5а, 5в, 5б, 24б, 2а, 2б, 25а, 25б	<i>Архангельская, Карелия (с, ц), Вологодская (с), Коми</i>	3, 24а, 2а, 2б, 24б, 25а	Архангельская (с), Карелия (с, ц), Коми (с) 63° – 67° с.ш.
24	Мезено-Печорский	24б Нижнепечорский	<u>Коми с-з севернее 63°с.ш.</u> Усть-Цилемский, Ижемский, Ертомский, Удорский, Вымский, Сосногорский, Ухтинский	24б, 25а, 25б, 5б, 24а, 3, 5а, 5в, 26а, 7а	<i>Архангельская, Коми, Вологодская (с), Кировская, Пермский (с)</i>	3 (в), 24а, 5а (в), 24б, 25а, 5б (сев. 61° с.ш.), 25б	Архангельская (в), Коми (с, ц) 61° – 67° с.ш.
25	Предуральский северный	25а Среднепечорский	<u>Коми с-в, севернее 63°с.ш.</u> Печорский, Каджеромский, Вуктыльский	25а, 24б, 25б, 5б, 3, 5а, 26а, 7а, 32	<i>Коми, Архангельская, Кировская (с-з), Пермский (с), Тюменская (ч), Свердловская (с)</i>	24б, 25а, 25б, 5б (сев. 61° с.ш.), 3, 5а, 24а	Коми (с, ц), Архангельская (в) 61° – 67° с.ш.
25	Предуральский северный	25б Верхнепечорский	<u>Коми</u> Троицко-Печорский, Печоро-Илычский, Комсомольский, Печоро-Илычский (заповедник)	25б, 5б, 5а, 5в, 26а, 26б, 7а, 7в, 33а, 33б, 33в, 40а, 40б	<i>Коми (ю-в, ю), Архангельская(ю) Вологодская (с), Кировская (с), Пермский, Свердловская (з, ц, в), Удмуртия, Тюменская (ц, в)</i>	5б, 25б, 7а (сев. 58° с.ш.), 7б, 26а, 5а (ч), 40а	Коми (ю), Кировская (с), Пермский (с), Архангельская (ю-в), Свердловская (з) 58° – 63° с.ш.

Примечание. Курсивом выделен край, область или республика, которые подлежат исключению (полностью или частично) после уточнения лесосеменного районирования

даций по сбору, а также использование генетически ценного семенного материала служит гарантией качества лесных насаждений и может привести к созданию прочной лесосеменной базы на селекционно-генетической основе.

Библиографический список

1. Тарханов, С.Н. Изменчивость ели в географических культурах Республики Коми / С.Н. Тарханов. – Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – 195 с.

2. Улиссова, Н.В. Рост и состояние сеянцев сосны и ели разных климатипов в условиях Вологодской области / Н.В. Улиссова // Матер. годичн. сессии по итогам НИР за 1977 г. – Архангельск: АИЛиЛХ, 1978. – С. 41 – 42.
3. Гвоздухина, О.А. Географические культуры ели в Архангельской области: автореф. дис. канд. с.-х. наук / О.А. Гвоздухина. – Архангельск: АГТУ, 2004. – 20 с.
4. Попов, В.Я. Лесосеменное районирование ели обыкновенной и ели сибирской на Европейском Севере СССР / В.Я. Попов, Т.С. Непогодьева // Матер. годичн. сессии по итогам НИР за 1981 г. – Архангельск: АИЛиЛХ, 1982. – С. 37–43.
5. Лесосеменное районирование основных лесобразующих пород в СССР. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 366 с.
6. Уточнить лесосеменное районирование основных лесобразующих пород (сосна, ель) на Европейском Севере : отчет о НИР (закл.): 3–97–3 / СевНИИЛХ; рук. Бедрицкая Т.В. – Архангельск, 2000. – 175 с.
7. Изучить географическую и экологическую изменчивость главных лесобразующих пород для совершенствования лесосеменного районирования : отчет о НИР (закл.): IV.3.1 / АИЛиЛХ; рук. Наквасина Е.Н. – Архангельск, 1985. – 154 с.
8. Коски, В. Семенное районирование в Финляндии / В.Коски // Лесовосстановление на Европейском Севере: Материалы финляндско-русского семинара по лесовосстановлению. – Ванта, 1998. – С.127 – 131.
9. Файзулин, Д.Х. Географические культуры сосны и ели в средней и южной подзонах тайги европейской части Российской Федерации / Д.Х. Файзулин, Н.Р. Артемьева, А.О. Сеньков // Сборник трудов ФГУ «СевНИИЛХ» по итогам научно-исследовательских работ за 2005 – 2009 гг. – Архангельск, 2011. – С. 23–28.
10. Наквасина, Е.Н. Оценка состояния и роста географических культур сосны и ели в Архангельской области / Е.Н. Наквасина, О.А. Гвоздухина // Проблемы лесоведения и лесоводства: Материалы 3 Мелеховских чтений, посвящ. 100-летию со дня рождения И.С. Мелехова (15 – 16 сент. 2005 г., Архангельск). – Архангельск: АГТУ, 2005. – С. 58–63.

ФЕНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В УКРАИНЕ КЛЕНА-ЯВОРА *ACER PSEUDOPLATANUS L.*

И.Н. СОПУШИНСКИЙ, *доц. каф. ботаники, древесиноведения и недревесных ресурсов леса НЛТУ Украины, канд. с.-х. наук,*

П.Г. МЕЛЬНИК, *доц. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ, канд. с.-х. наук,*

supushynsky@yahoo.com, melnik_petr@bk.ru

Познание сезонности развития древесных растений раскрывает особенности взаимосвязей вида с внешними факторами среды [3, 4, 11, 13]. В пределах экотопов на развитие древесных видов влияет не только макроклимат, а также локальные вариации микроклимата, обусловленные преимущественно рельефом [1, 2, 6, 10].

Их фено-экологические признаки в широтном и высотном спектрах существенно зависят от количества тепла и влаги. Так, тепло ускоряет развитие растения (прохождение фенофазы), а холод в большинстве случаев притормаживает. Фенологические особенности отражают внутривидовую способность к прохождению одноименных фаз сезонного развития в разные строки и характеризуют биологические отличия приспособления древесного рас-

тения к абиотическим факторам природы [3, 4, 6, 7, 12, 14, 15].

В вопросе изучения лесных особенностей дифференциации клена-явора с декоративной древесиной (форма «птичий глаз» и волнистая) особого внимания заслуживают их экологические и фенологические различия в пределах популяции. Так, фенологические наблюдения за древесными видами в разрезе биологических и географических особенностей имеют существенное значение для установления фенологических закономерностей, использование которых призвано повысить эффективность селекционного отбора деревьев с высококачественной декоративной и резонансной древесиной. Исследования в биогруппах клена-явора с аномальным ростом характеризуются определенными трудностями, которые обуслов-

Лесоводственно-таксационные показатели пробных площадей

ПП	Тип леса, тип лесорастительных условий	Высота н.у.м.	Состав насаждения	Возраст, лет	H_{cp} , м	D_{cp} , см	Бонитет / полнота
1	Влажная яворовая суббучина (C_3)	1050	6Бк(190)2Бк(110)2Яв	190	27	52	II/0,50
2	Влажный елово-буковый пихтач (D_3)	850	4Бк(170)3Яв2Бк(80)1П	170	32	56	I/0,60
3	Свежая грабовая дубрава (D_2)	295	4ЯЗГ2Б1Яв	92	29	42	I/0,70

лены определением изоляционных барьеров, расстояния переноса жизнеспособной пыльцы и семян [6, 7, 10, 12].

Определение временных смещений фенологических фаз клена-явора с прямо-волокнуистой (контроль) и с декоративной древесиной дает возможность своевременно проводить комплекс лесохозяйственных мероприятий, направленных на целенаправленное выращивание деревьев с ценными свойствами древесины. В связи с этим особого внимания заслуживают также климатический ареал древесного вида, в котором средние значения фенофазы являются относительно стабильными [1, 2, 6, 11].

Известно [3, 4, 7, 12, 14], что в условиях резкого изменения экологических условий наблюдается значительный сдвиг фенофаз. Для клена-явора такое природное явление имеет место в пределах географических групп популяций и изменения высотно-экологического градиента. Целью наших фено-экологических исследований было изучить влияние широтных и высотно-экологических условий на фенологию клена-явора в Украине.

Фенологические наблюдения проводили на пробных площадях, заложенных в лесонасаждениях государственных предприятий «Великоберезнянское лесное хозяйство» (ПП-1: Лютянское лесничество, квартал 20, выдел 2; ПП-2: Лютянское лесничество, квартал 15, выдел 36) и «Винницкое лесное хозяйство» (ПП-3: Вороновецкое лесничество, квартал 4, выдел 5.2) (табл. 1) [5, 8, 9]. Для исследования смещения фенологических фаз развития клена-явора, на территории ботанического сада (возле музея-лаборатории древесиноведения) НЛТУ Украины были высажены в 2000 г. особи клена-явора, взятые с высоты 800 и 1100 м н.у.м. в государственном предприятии «Брустурианское лесохозяйство».

Для анализа экологических условий региона исследований использовали официальные данные гидрометцентра Украины 1899–2011 гг. (<http://meteo.gov.ua/ua>).

Изучение фенологических особенностей клена-явора проводили на протяжении вегетационных периодов 2007–2011 гг. с использованием обычного, описательного, экогеометрического и интегрального методов, что позволило определить календарные сроки наступления и прохождения фенофаз развития [3, 4, 6, 8, 13, 14]. Под фенофазой понимали четко выраженный морфо-биологический этап в сезонном развитии древесного растения или его отдельных органов. Дату фенофазы считали фенодатой. Началом фенофазы развития считали ее проявление у 10 % органов, серединой (массовое) – не менее чем в 50 % и концом – более 90 %. Фенологические наблюдения проводили на пяти и более деревьях с выделением основных фенофаз развития: Л¹ – распускание листьев (листовые почки уже распустились, а листовые пластинки не расправились), Ц² – цветение (начало и завершение высыпания пыльцы с треснувших пыльников), ПЛ³ – созревания плодов (появление первых крылаток под деревом клена-явора), Л⁴ – пожелтение и Л⁵ – опадение листьев в ноябре [3, 4, 8]. Осенние наблюдения за окраской листовых пластинок и опадением проводили не за отдельными органами, а за целой кроной. Началом пожелтения листовых пластинок считали осеннее окрашенные листья. День опадения первых осеннее окрашенных листьев считали началом листопада.

Вхождение деревьев в ту или иную фенофазу обусловлено происходящими в нем физиологическими процессами. Внутривидовая фенологическая гетерогенность объясняется различными причинами и зависит от генотипического разнообразия древесного вида,

Фенологические фазы развития клена-явора, даты

Фенофазы развития	Высота над уровнем моря								
	295 м н.у.м. (ПП-3)			850 м н.у.м. (ПП-2)			1050 м н.у.м. (ПП-1)		
	нач.	сред.	зав.	нач.	сред.	зав.	нач.	сред.	зав.
Л ¹	05.04.	12.04.	26.04.	18.04.	28.04.	14.05.	24.04.	01.05.	16.05.
Ц ²	10.04.	21.04.	02.05.	30.04.	08.05.	21.05.	01.05.	19.05.	03.06.
Пл ³	30.09.	10.10.	18.10.	18.09.	27.09.	07.10.	09.09.	23.09.	01.10.
Л ⁴	21.09.	05.10.	20.10.	24.09.	12.10.	25.10.	27.09.	15.10.	23.10.
Л ⁵	09.10.	24.10.	03.11.	11.10.	20.10.	27.10.	13.10.	18.10.	23.10.



Рисунок. Смещение фенодат клена-явора

его происхождения, возраста и т.п. [3, 4, 6, 7, 14, 15]. Географо- и эколого-фенологические исследования имеют значение для выращивания древесных видов с ценными свойствами древесины и выявления природных изоляционных барьеров, то есть смещения фенофаз развития. Начало (нач.), середина (сред.) и завершение (зав.) фенологических фаз развития в период 2007–2011 гг. клена-явора с прямоволокнистой и с декоративной древесиной в лесных насаждениях Украинских Карпат (ПП-1, ПП-2) и на границе ареала (ПП-3) представлены в табл. 2.

Результаты фенологических исследований табл. 2 свидетельствуют о том, что фенофаза распускания листьев клена-явора в свежей грабовой дубраве на высоте 295 м н.у.м. начинается в период 05.04. – 26.04., во влажном елово-буковом пихтаче на высоте 850 м н.у.м. несколько позже 18.04. – 14.05. и во влажной приполонинной яворовой субучине на высоте 1050 м н.у.м. только 24.04. – 16.05. Особенности эколого-географического роста и развития клена-явора свидетельствуют о закономерности смещения его фенодат развития на 3–5 дней через 100 м н.у.м. в Украинских Карпатах. Вероятно, это является

одной из причин изоляции биогрупп деревьев клена-явора с декоративной аномальной древесиной на высоте от 800 до 1250 м н.у.м.

Отдельного внимания заслуживает тот факт, что завершение фенофазы развития опадение листьев у клена-явора на ПП-1 происходило в то же время, что и фаза развития пожелтение, а в большинстве случаев листья опадали зеленым после наступления первых заморозков. По нашему мнению, такое явление связано с резким изменением климатических условий, в частности с наступлением осенних заморозков. Отличие в средних значениях фенодат клена-явора на границе ареала (ПП-3) и в Украинских Карпатах составляет от одной до двух недель.

Таким образом, особое значение имеет биогрупповое выращивание клена-явора с декоративной аномальной древесиной в другом высотно-экологическом или географическом поясе в контексте создания природного изоляционного барьера. Для экспериментального подтверждения нашего предположения нами проведены фенологические наблюдения с высоты 800 и 1100 м н.у.м. особой клена-явора, высаженных в условиях ботанического сада НЛТУ Украины. Результаты фенологических

Среднегодовые показатели температуры, °С

Метеостанции	Высота н.у.м., м	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Пожежевск	1429	1,2	7,1	9,9	10,8	10,0	5,0	3,8
Турбат	1140	2,0	8,0	11,4	13,8	12,3	8,6	4,2
Синевирская Поляна	772	3,5	9,3	12,3	14,5	13,3	10,0	5,8
Нижний Студеный	615	5,4	10,6	14,1	15,9	15,2	11,0	6,1
Русская Мокрая	589	5,5	11,0	14,1	16,2	15,3	11,5	7,4
Рахов	430	7,8	13,1	16,0	18,0	17,1	13,1	8,3
Львов	321	8,0	13,6	16,4	18,0	17,4	12,9	8,1
Винница	283	8,0	14,4	17,3	19,0	18,3	13,2	7,7
Черновцы	239	8,9	14,7	18,0	19,5	18,7	14,2	8,8
Ужгород	117	10,7	16,0	18,8	20,5	20,1	15,4	10,3

Характеристика атмосферных осадков

Метеостанции	Средняя сумма осадков, мм								Индекс аридности Де Моргона	ГТК Селянинова
	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	За год		
Закарпатье										
Хуст	67	103	120	103	104	71	73	1095	51,9	2,13
Ужгород	46	71	88	86	71	54	50	748	38,4	1,74
Берегове	45	69	86	79	72	46	43	687	32,3	1,44
Украинские Карпаты										
Пожежевск	102	138	185	178	140	105	87	1423	87,4	5,84
Турбат	92	122	191	161	166	129	108	1388	105,5	4,75
Русская-Мокрая	98	110	158	146	124	121	125	1407	76,9	3,77
Рахов	84	118	141	132	114	86	76	1197	59,7	2,91
Вел.-Березный	56	85	107	98	85	71	59	878	42,7	2,01
Прикарпатье										
Коломыя	57	87	106	116	81	57	38	699	32,7	1,99
Ивано-Франковск	54	87	98	104	81	53	3	656	31,7	1,86
Долина	69	118	137	133	99	73	54	890	42,1	2,72
Дрогобыч	53	91	119	110	92	62	44	749	38,4	2,26
Подолье										
Кременец	48	74	91	107	72	56	39	680	31,4	1,84
Чортков	47	77	94	101	70	51	34	661	29,7	1,74
Винница	49	63	87	92	68	46	34	638	29,2	1,63
Гайсин	44	52	85	85	65	44	31	606	26,4	1,53

исследований фенофаз развития – распускание, пожелтение и опадание листьев – показали, что смещение фенодат клена-явора с высоты 800 и 1100 м н.у.м. сохраняются (рисунок). Разница в наступлении фенофаз развития клена-явора составляет от 5 до 10 дней.

Особого внимания заслуживает сравнение и анализ периодов фенофаз развития и среднемесячных климатических температур. Влияние важнейших факторов климата – тепла и влаги на полиморфизм древесного вида отражается в типе лесорастительных условий

и типе леса [1, 2, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 15], что чрезвычайно важно для лесотипологического анализа древостоев и их количественной характеристики.

Климатические показатели дают общее представление о начале вегетационного периода, т.е. период со средними температурами 5° и выше. Среднемесячные многолетние температуры воздуха ареала исследования представлены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, средние температуры начала вегетационного периода колеб-

лются от 2,0 °С (Турбат) до 10,7 °С (Ужгород). Средняя температура марта свидетельствует о том, что вегетационный период начался в высотном-экологическом поясе от 117 до 615 м н.у.м.

Для изучения различий экологических условий для лесных древостоев в географическом контексте важно использование гидротермических коэффициентов [1, 2, 8, 12, 13]. Так, гидротермический коэффициент Г. Селянинова (табл. 4) устанавливали как отношение суммы осадков за период со средне-суточной температурой воздуха выше 10 °С до суммы температур за то же время, уменьшенной в 10 раз. Чем ниже показатель, тем засушливее местность. Индекс Де Мортон дает возможность интегрально осветить распределение годовой температуры и осадков. Индекс аридности Де Мортон – соотношение среднегодовой суммы осадков к среднегодовой температуре, увеличенной на +10 °С (табл. 4).

По индексу аридности Де Мортон весь ареал клена-явора условно можно разделить на три зоны: большого, среднего и умеренного увлажнения. Ареал большого, а местами и очень высокого увлажнения, охватывает территории с индексом аридности более 80; среднего – 41–80; умеренного, местами более сухого – до 40. Условия роста клена-явора в высокогорье характеризуются повышенной влажностью.

Гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова колеблется в пределах 1,53 (Гайсин) – 4,75 (Турбат), его средний диапазон около 2 (табл. 4). Насаждения, которые взяли для исследования, разделены по ГТК Селянинова на четыре группы:

- избыточного увлажнения и холодного лета (Турбат, Русская-Мокрая);
- высокого увлажнения и умеренно теплого лета (Рахов, Долина);
- достаточно высокого увлажнения и теплого лета (Хуст, Великий-Березный, Коломыя, Ивано-Франковск, Дрогобыч, Кременец, Ужгород). Это вероятно оптимальные зоны роста для клена-явора;
- хорошего увлажнения и теплого лета (Винница, Гайсин).

Анализ лесотипологического потенциала клена-явора с аномальным ростом и экологических факторов указывает на то, что к благоприятным условиям для роста и развития клена-явора со свилеватой древесиной и «птичий глаз» можно отнести высокогорье с ГТК более 3,5, а на границе ареала с ГТК в пределах 1,53–1,84.

Выводы

1. Фено-экологические особенности роста и развития клена-явора свидетельствуют о закономерности смещения его фенофаз развития на 3–5 дней через 100 м н.у.м. в Украинских Карпатах и их различия в наступлении на границе ареала, что является изоляционным барьером биогрупп деревьев клена-явора с ценной декоративной древесиной.

2. Результаты фенологических наблюдений фенофаз развития: распускания, пожелтения и опадания листьев – показали, что смещение фенодат клена-явора с высоты 800 и 1100 м н.у.м., высаженного в ботаническом саду НЛТУ Украины, сохраняются, и их разница в наступлении составляет от 5 до 10 дней.

3. Лесотипологический потенциал клена-явора с аномальным ростом и экологических факторов указывает на то, что к благоприятным условиям для роста и развития клена-явора со свилеватой древесиной и «птичий глаз» можно отнести высокогорье с ГТК Селянинова более 3,5, а на границе ареала с ГТК в пределах 1,53–1,84.

Библиографический список

1. Алисов, Б.П. Климат СССР / Б.П. Алисов. – М.: МГУ, 1956. – 157 с.
2. Андрианов, М.С. Клімат: Природа Українських Карпат / М.С. Андрианов. – Львів: Льв. ун-т, 1968. – С. 87–101.
3. Бейдеман, И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ / И.Н. Бейдеман. – Новосибирск: Наука, 1974. – 155 с.
4. Булыгин, Н.Е. Фенологические наблюдения над листовыми древесными растениями: пособие по проведению учебно-научных исследований / Н.Е. Булыгин. – Л.: ЛТА, 1976. – 70 с.
5. Герушинский, З.Ю. Типология лесов Украинских Карпат: учебн. пос. [для студ. высш. учебн. зав.]

- / З.Ю. Герушинский. – Львов: Пирамида, 1996. – 208 с.
6. Зайцев, Г.Н. Фенология древесных растений / Г.Н. Зайцев. – М.: Наука, 1981. – 120 с.
 7. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР / Под ред. П.И. Лапина. – М.: Гл. бот. сад АН СССР, 1975. – 27 с.
 8. Остапенко, Б.Ф. Лесная типология / Б.Ф. Остапенко, В.П. Ткач. – Харьков: ХДАУ, 2002. – 204 с.
 9. Погребняк, П.С. Основы лесной типологии / П.С. Погребняк. – Киев: АН УССР, 1955. – 456 с.
 10. Серебряков, И.Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных / И.Г. Серебряков. – М.: Высшая школа, 1962. – 378 с.
 11. Синская, Е.Н. О категориях и закономерностях изменчивости в популяциях высших растений / Е.Н. Синская // Проблема популяций у высших растений. – 1963. – Вып. 2. – 124 с.
 12. Яблоков, А.В. Фенетика / А.В. Яблоков. – М.: Наука, 1980. – 234 с.
 13. A new methods of survey and data analysis in phenology / B. Schirone, A. Leone, S. Mazzoleni [et al] // Journal of Vegetation Science 2. – 1990. – P. 27–34.
 14. Hundson, I. L. Phenological Research: Methods for Environmental and Climate Change Analysis / I.L. Hundson, M.R. Keatley. – New-York: Springer, 2009. – 521 p.
 15. White, T. L. Forest Genetics / T L White, W T Adams, D B Neale. – Cambridge: CABI Publishing, 2007. – 704 p.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ АНАЛИЗА ДНК ДЛЯ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ КЛОНОВ НА ЛСП СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

О.К. ШИШКИНА, *нач. отдела селекции и генетики ФГУ «Рослесозащита», канд. биол. наук,*
 М.А. ЗАВИСТЯЕВА, *асп. каф. селекции, генетики и дендрологии МГУЛ,*
 А.С. РАБЦУН, *асп. каф. селекции, генетики и дендрологии МГУЛ*

zhu4ok69@mail.ru

Леса России занимают площадь около 1/5 лесов планеты и содержат половину мировых запасов хвойных пород. Они играют огромную роль в глобальных процессах регулирования состояния окружающей среды и предотвращения негативных изменений климата. Все это объективно определяет статус нашей страны как многолесной державы. Однако в отличие от других стран леса России в большей своей части расположены в зоне достаточно сурового климата с вечной мерзлотой, с более коротким периодом вегетации, что делает их своеобразными. Они отличаются низкой продуктивностью, медленными темпами смены поколений, длительным и медленно протекающим процессом естественного лесовосстановления. Поэтому леса России более подвержены воздействию неблагоприятных природных и, особенно, техногенных факторов, неуклонно возрастающих с начала XX в., а также интенсивных промышленных рубок леса, вызывающих во многих случаях и во многих регионах страны неблагоприятную смену породного состава

лесов и заметное обеднение их природного генофонда [1].

В целях сохранения генетического фонда высокопродуктивных насаждений, получения семян с улучшенными наследственными свойствами в СССР была создана постоянная лесосеменная база объектов единого генетико-селекционного комплекса (объекты ЕГСК).

К настоящему времени по разным причинам значительное число объектов ЕГСК находится в полупригодном состоянии и нуждается в широкомасштабных работах, необходимых для дальнейшего развития лесного селекционного семеноводства и повышения эффективности его практического использования.

Первым пунктом в этом списке должна значиться генетическая паспортизация объектов ЕГСК. Она позволит дать ясную оценку итогам проведенной ранее объемной работы, определить будущие количественные и качественные ее результаты.

Важнейшим элементом ЕГСК постоянной лесосеменной базы лесосеменного района являются лесосеменные плантации (ЛСП)

Характеристика ЛСП, выбранных для проведения RAPD-анализа

Область	Лесничество	№ ЛСП	№ квартала	Площадь, га	Схема посадки, м	Год закладки
Московская	Куровское	33	61	6	5/10	1981
Московская	Куровское	41	64	1	5/10	1984
Московская	Куровское	47	63	10	8/10	2000
Московская	Куровское	48	55	8	8/10	2003
Владимирская	Андреевское	1	25	11	8/8	2006

Характеристика ЛСП на основании проведенного анализа

№ ЛСП	Число посадочных мест	Количество деревьев на ЛСП	Расположены согласно схеме посадки	На других посадочных местах	Происхождение неизвестно	Всего идентифицировано	Представлено рамет клонов
33	1070	566/52,8*	141/36,9	110/28,7	251/65,6	131/34,4	22
41	200	68/34	34/50	33/48,5	1/1,15	67/98,5	12
47	1235	1155/93,5	1089/94,2	41/3,5	25/2,1	1130/97,8	125
48	1180	873/73,9	744/85,2	86/9,8	43/5	830/95	85
1	1615	907/56,1	575/63,4	148/16,4	96/10,5	723/79,7**	62

*Из 566 деревьев на ЛСП 184 являются непривитыми.

**88 деревьев оказались раментами неидентифицированного клона

первого и последующих порядков. Плантации, созданные потомством плюсовых деревьев (отбор по фенотипу), относят к ЛСП–1. Плантации второго порядка (ЛСП–2) создают вегетативным потомством плюсовых деревьев, прошедших генетическую оценку (элитные деревья). Полученные на них семена относят к селекционной категории «условно сортовые». Сортовые семена могут быть получены на ЛСП высших порядков после проведения государственного сортоиспытания [5].

Идентификация клонов в лесном семеноводстве имеет большое значение, поскольку прогнозируемое повышение продуктивности создаваемых лесных насаждений при использовании улучшенных семян составляет 15–20 %, а генетический эффект, определяемый по скорости роста, оценивается в среднем на уровне 8–9 % с колебаниями от 5 до 25 % [2, 3]; но в результате испытаний потомства этот эффект может быть увеличен [4]. Поскольку определить генетическую принадлежность клонов по фенотипу и биометрическим показателям на данный момент очень проблематично, необходимо примене-

ние принципиально новых достаточно достоверных и скоротечных методов.

Применение методов молекулярно-генетических исследований на объектах ЕГСК позволяет наиболее быстро и эффективно решить ряд вопросов, важных с точки зрения селекционно-генетической ценности объектов. Наиболее удобным для этого является один из методов анализа ДНК, именуемый RAPD-анализом (*Random Amplified Polymorphic DNA* – произвольно амплифицированная полиморфная ДНК). Метод достаточно прост в исполнении и не требует применения дорогостоящих реактивов.

Анализ непосредственно ДНК позволяет гораздо быстрее и с высокой степенью достоверности провести генетическую идентификацию. В качестве образца может использоваться любая часть растения в свежем, замороженном, заспиртованном или сухом виде. Высушенные образцы легко транспортировать и хранить. Анализ одного образца проводится в течение 2-х дней, один комплект оборудования позволяет одновременно проводить анализ 48 образцов.

RAPD-анализ включает выделение ДНК, амплификацию выделенной ДНК, электрофоретическое разделение фрагментов амплифицированной ДНК и анализ полученных электрофореграмм.

При определении генетической принадлежности рамет клонов генетическая карта (паспорт) каждого дерева с ЛСП или архива клонов сравнивается с генетическими паспортам плюсовых деревьев, в результате чего уточняется схема расположения рамет клонов. Сумма генетических паспортов, представленных на плантации клонов, будет являться генетическим паспортом объекта.

К настоящему времени методом *RAPD*-анализа исследовано пять плантаций, на которых произрастают клоны сосны обыкновенной на территории Куровского ОЛХ Московской области и Андреевского ОЛХ Владимирской области (табл. 1). Следует отметить: несмотря на то, что некоторые из этих плантаций не попадают под современные критерии, по которым производится технология создания ЛСП, необходимо учитывать более раннее время их образования, существенные материальные средства, потраченные на их закладку и уход за ними, а также величину возраста некоторых насаждений.

Результаты проделанной работы опубликованы в табл. 2.

Таким образом, из проделанной работы можно сделать вывод, что анализ ДНК позволяет полностью прояснить схему рас-

положения рамет клонов на ЛСП, выявить все ошибки, при посадке и разработать комплекс мероприятий по дальнейшему использованию или реконструкции изучаемых объектов. Так, например, ЛСП № 33 и ЛСП № 41 Куровского ОЛХ Московской области нуждаются в полной реконструкции или переводе в категорию ПЛСУ, а ЛСП № 47, 48 – в частичной. Здесь необходимо удалить неидентифицированные раматы, количество которых менее 5 %, и произвести подсадку на пустых местах. ЛСП № 1 Владимирской области нуждается в значительной реконструкции.

Библиографический список

1. Шверножук, Р.Г. Нужны ли России лесная генетика и селекция? / Р.Г. Шверножук // Российская лесная газета. – 2007. – 4 июня.
2. Мордась, А.А. Приживаемость и рост культур сосны в связи с различным посадочным материалом / А.А. Мордась // Посадочный материал для создания плантационных культур: сборник научных трудов ЛенНИИЛХ, 1986. – С. 112–121.
3. Ефимов, Ю.П. Семеношение и рост сосны на плантациях вегетативного и семенного происхождения / Ю.П. Ефимов // Лесное хозяйство. – 1987. – № 12. – С. 38–41.
4. Ефимов, Ю.П. Итоги многолетнего испытания материнских деревьев сосны обыкновенной по семенному потомству / Ю.П. Ефимов // Генетическая оценка исходного материала в лесной селекции: Сб. научных трудов НИИЛГиС, 2000. – С. 33–44.
5. «Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации». – М.: ВНИИЦлесресурс, 2000.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ И МЕСТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ

Е.Д. САБО, *проф. каф. почвоведения МГУЛ, д-р техн. наук,*
В.Н. КАРМИНОВ, *доц. каф. почвоведения МГУЛ, канд. с-х. наук*

caf-soil@mgul.ac.ru

С целью изучения влияния различных лесохозяйственных мероприятий (в том числе и местных удобрений) на условия возобновления и хода роста подроста в 1965 г. в Белобычковском лесничестве Чагодощенского леспромхоза Вологодской области были заложены комплексные опыты (19 пробных

площадей) в осушаемом сосняке сфагновом 130-летнего возраста. Под пологом основного древостоя имелось естественное возобновление и подрост сосны различного возраста. Глубина торфа, подстилаемого песком, варьирует в пределах от 0,5 до 1,0 м при зольности верхних генетических горизонтов 1,3–3,8 %,

Влияние различных мероприятий на естественное возобновление в сосняке сфагновом

Вариант опыта	Мероприятие	Естественное возобновление, тыс. шт./га		Сравниваемые варианты
		по вариантам мероприятий	изменение только за счет данного мероприятия	
1	Абсолютный осушаемый контроль без лесовосстановительной рубки и бороздования	21,7±1,59*	0,0	–
2	Относительный осушаемый контроль с лесовосстановительной рубкой и бороздованием	42,7±3,82*	+21,0	1...2
3	То же мероприятие и внесение песка	56,5±6,69*	+13,8	2...3
4	То же мероприятие и удобрение известью-пушонкой	41,0±4,89*	-1,7	2...4
5	То же мероприятие и удобрение средне- и хорошо разложившимся торфом	54,7±3,28*	+12	2...5
6	То же мероприятие и удобрение древесной золой	53,3±4,01*	+10,6	2...6

Примечание: * уровень значимости 0,05.

кислотности 2,8–3,2 и степени разложения 3–10 %.

На пробных площадях была проведена лесовосстановительная рубка с оставлением кулис шириной 10 м; бороздование глубиной 20–25 см через 20 м с выведением борозд в осушители, расположенные через 120 м; удобрение песком, торфом нижних горизонтов (с зольностью 2,2–4,6 и степенью разложения 30–50 %) известью-пушонкой и древесной золой стекольного завода нормой 5, 10 и 20 т/га. Оставлен относительный контроль с лесовосстановительной рубкой и бороздованием, а также абсолютный контроль, где кроме осушения никаких лесовосстановительных мероприятий проведено не было. Осушение участка проведено в 1964 г., а опытные лесохозяйственные мероприятия – в 1965 г.

Прежде всего влияние различных лесохозяйственных мероприятий и местных удобрений было оценено по количеству естественного возобновления, учтенного на площадках по 100 м² с 20-кратной повторностью (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что из всех видов мероприятий вероятность различия более 95 % при уровне значимости исходных данных 0,05 имели лесовосстановительная рубка и бороздование, удобрение песком тор-

фом и древесной золой. Удобрение известью показало недостоверное различие. При этом основную роль в увеличении естественного возобновления на осушаемой площади сыграли лесовосстановительная рубка и бороздование (увеличение почти вдвое). Влияние удобрений почти одинаково (кроме известкования), а абсолютный эффект выразился в 10,6–13,6 тыс. шт./га, что соответствует увеличению в 1,6 раза по сравнению с эффектом от лесовосстановительной рубки и бороздования.

Влияние степени осушения на ход роста подроста сосны сказалось в том, что наилучший прирост в высоту наблюдался на расстоянии 20 и 40 м от осушителя в двух возрастных группах из трех. При этом вероятность различия колебалась от 80 до 99 %, увеличиваясь, как правило, с возрастанием степени осушения. При этом реакция в первый же год отмечена во всех группах и на всех расстояниях от осушителя, кроме младшей возрастной группы, которая на контроле прореагировала лишь на второй год.

Влияние лесовосстановительной рубки и бороздования на прирост осветленного подроста в высоту видно из табл. 2. Лесовосстановительная рубка и бороздование имели различный эффект в зависимости от степени

Влияние общего осушения, увеличенной степени осушения, лесовосстановительной рубки и бороздования на прирост соснового подроста в высоту на относительном осушаемом контроле в различных возрастных группах

Показатели	Расстояние от осушителя, м	Показатели для различных возрастных групп в возрасте при осушении, лет		
		1...4	5...10	11...20
Прирост за 1965–1972 гг. на относительном осушаемом контроле, см	60	39,9	45,9	75,5
	40	37,8	44,2	74,2
	20	43,1	51,9	68,1
Прирост за 1965–1972 гг. на абсолютном неосушаемом контроле, см	60	23,2	27,2	37,9
	40	23,2	27,2	37,9
	20	23,2	27,2	37,9
Увеличение прироста за счет общего осушения, см	60	1,5	7,6	15,3*
	40	1,5	7,6	15,3*
	20	1,5	7,6	15,3*
Увеличение прироста за счет более высокой степени осушения, см	60	0,0	0,0	0,0
	40	6,5	8,1	15,0
	20	11,0**	11,0	11,4
Увеличение прироста за счет лесовосстановительной рубки и бороздования, см	60	15,2***	11,1*	22,3*
	40	6,6	1,3	6,0
	20	7,4	6,1	3,5
	В среднем	40,60	10,9	11,1
Увеличение прироста за счет лесовосстановительной рубки (в среднем 5,7 см)	20	7,4	6,1	3,5
Увеличение прироста за счет бороздования (в среднем 6,4 см)	40,60	3,5	5,0	10,7

Примечание: * уровень значимости 0,05, ** уровень значимости 0,01, *** уровень значимости 0,001

Влияние осушения, лесовосстановительной рубки, бороздования, удобрения песком на прирост в высоту соснового подроста в сосняке сфагновом за 1965–72 гг.

Возраст в момент удобрения, лет	Прирост в высоту, см			Дополнительный прирост, см, за счет		
	Без осушения	После осушения, рубки и бороздования	После осушения, рубки, бороздования и удобрения	Осушения, рубки, бороздования	Удобрения	Суммарный прирост
Внесение песка, 20 т/га						
1...4	23,2	43,1	52,3	19,9***	9,2	29,1***
5...10	27,2	51,9	79,6	24,7***	27,7***	52,4***
11...20	37,9	68,1	111,8	30,2***	43,7***	73,9***
Внесение песка, 10 т/га						
1...4	23,2	37,8	46,1	14,6*	8,3	22,9***
5...10	27,2	44,2	84,7	17,0***	40,5***	57,5***
11...20	37,9	74,2	111,5	36,3***	37,3**	73,6***

Примечание: * уровень значимости 0,05, ** уровень значимости 0,01, *** уровень значимости 0,001

осушения площади: в хорошо осушенной зоне эффект оказался меньше, а наименее осушенной – больше, так как борозды сыграли выравнивающую роль (дополнитель-

ная степень осушения). Приняв, что эффект в 20-метровой осушенной зоне обеспечен только за счет лесовосстановительной рубки (степень осушения и без борозд достаточно

Влияние осушения, лесовосстановительной рубки, бороздования и удобрения торфом на прирост в высоту соснового подроста в сосняке сфагновом за 1965–72 гг.

Возраст в момент удобрения, лет	Прирост в высоту, см			Дополнительный прирост, см, за счет		
	Без осушения	После осушения, рубки и бороздования	После осушения, рубки, бороздования и удобрения	Осушения, рубки, бороздования	Удобрения	Суммарный прирост
Внесение песка, 20 т/га						
1...4	23,2	43,1	50,4	19,9***	7,3	27,2***
5...10	27,2	51,9	66,4	24,7***	14,5	39,2***
11...20	37,9	68,1	113,0	30,2***	44,9*	75,1***
Внесение песка, 10 т/га						
1...4	23,2	37,8	42,8	14,6*	5,0	19,6***
5...10	27,2	44,2	69,1	17,0***	24,9***	41,9***
11...20	37,9	74,2	98,6	36,3***	24,4	60,7***

Примечание: * уровень значимости 0,05, ** уровень значимости 0,01, *** уровень значимости 0,001

высокая), можно разделить общий эффект по видам мероприятий. Результаты такого расчета показали, что в среднем бороздование увеличило прирост на 6,4 см, а лесовосстановительная рубка – на 5,7 см.

Влияние различных доз местных удобрений было выявлено путем сравнения прироста в высоту на пробных площадях по сравнению с относительным осушаемым контролем.

Для общего анализа влияния осушения, комплекса лесохозяйственных мероприятий и удобрения песком рассмотрим сводные данные по приросту в высоту за 1965–72 гг. (табл. 3).

Другим видом местного удобрения для верховых торфяных почв является средне- и хорошо разложившийся торф из нижних горизонтов того же торфяника. Конечно, с точки зрения получения более высоких результатов было бы целесообразнее вносить низинный или переходный торф. Однако вопросы экономики и организации работ делают более интересными результаты исследований по внесению именно того торфа, который лежит буквально «под ногами». Техника такого внесения рассмотрена в ряде наших работ. Ниже приведены материалы по лесоводственной эффективности удобрения торфом на фоне других мероприятий (табл. 4).

Из табл. 4 видно, что в старшей возрастной группе подроста удобрение торфом в

количестве 20 т/га оказалось в 1,5 раза эффективнее всех прочих взятых вместе мероприятий. Весь комплекс мероприятий увеличил прирост в старшей группе в 3 раза.

На другом опытном участке того же леспромхоза изучалась эффективность еще больших доз торфяного удобрения, получаемого из нижнего горизонтов того же торфяника. При зольности верхнего 40-сантиметрового слоя сфагнового торфа 1,9 % и степени разложения 3 %, сосново-пушицевый торф, используемый для удобрения, имел зольность 2,8...3,1 % и степень разложения 45–50 %. При внесении в количестве 60 т/га (в пересчете на абсолютно сухой вес) он дал следующие результаты (табл. 5).

Из табл. 5 видно, что удобрение подроста большими нормами более разложившегося торфа в младшей возрастной группе дало ощутимый эффект в первый же год при высокой достоверности различия только в этой группе. Общий эффект удобрения в значительной степени зависит от качества торфа.

Достаточно тесная связь качества торфа наблюдается с теми интегральными показателями, которые определяют относительное или абсолютное содержание питательных веществ. К таким показателям можно отнести зольность ($r = 0,396-0,963^{***}$), тип торфа ($r = 0,536-0,754^{**}$), плотность ($r = 0,665^*$) и количество золы ($r = 0,735^{**}$). После нашей

Эффективность внесения сосново-пушицевого торфа нормой 60 т/га в качестве удобрения бедного верхового болота. Осушение и удобрение проведены в 1961 г. Подрост сосны

Возраст в момент осушения, лет	Прирост в высоту, см, в результате				Разница в приросте в результате удобрения		Разница в приросте в результате осушения и удобрения	
	осушения $n \pm m$	осушения, удобрения $n \pm m$	t	Вероятность различия, %	см	%	см	%
По исследованиям в октябре 1961 г.								
5	3,2±0,24*	6,2±0,47*	5,66	99,99	+3,0	93,8	+3,0	93,8
11...13	3,5±0,31*	4,3±0,37*	1,43	84,73	+0,7	19,4	+0,7	19,9
35...36	2,7±0,22*	3,2±0,24*	1,52	87,15	+0,5	18,5	+0,5	18,5
По исследованиям в 1964 г.								
5	4,8±0,39*	18,5±1,51*	8,78	99,99	+13,7	285,4	+15,3	478,1
11...13	8,8±0,67*	27,4±2,06*	8,57	99,99	+18,6	211,4	+23,8	661,1
35...36	5,6±0,47*	18,1±1,47*	8,12	99,99	+12,5	223,2	+15,4	570,4

Примечание: * уровень значимости 0,05, ** уровень значимости 0,01, *** уровень значимости 0,001

обработки материалов П.И. Купчинова оказалось, что связь с зольностью характеризуется $r = 0,559^*$, по материалам Х. Хольмена с плотностью имеет $r = 0,885^*$, что подтверждают полученные выше зависимости.

Совокупное влияние указанных факторов, определяемое коэффициентом множественной корреляции, достаточно высоко ($R = 0,755^* - 0,991^{**}$). Это, в свою очередь, позволяет составить региональные уравнения для прогноза ожидаемой эффективности мелиорации по отдельным породам. Так, например, показатель бонитета (величина от 1 до 9, изменяющаяся в обратном направлении) сосновых древостоев в северо-западном районе можно определить из уравнения

$$y = 3,94 - 0,73 x_1 + 5,71 x_2 + 0,089 x_3;$$

$$R = 0,814^*, F = 6,9 > F_{0,05}^7 = 4,7,$$

где y – показатель бонитета;

x_1 – мощность торфа, м ($r = - 0,728^{**}$, $d = 46,3$ %);

x_2 – плотность торфа, г/см³ ($r = 0,665^*$, $d = 8,2$ %);

x_3 – зола, т/га ($r = 0,733^{**}$, $d = 45,5$ %).

В этом уравнении наиболее весомыми являются первые и последние независимые переменные. Еще более тесная связь наблюдается между показателем класса бонитета и валовым запасом питательных веществ в

верхнем 25-сантиметровым слое осушаемых почв. Эту связь можно выразить уравнением множественной регрессии линейного вида

$$y = 0,029 + 0,89 x_1 + 1,63 x_2 + 5,55 x_3 + 12,72 x_4,$$

$$R = 0,870^{**}, F = 10,9 > F_{0,01}^4 = 8,7,$$

где y – показатель бонитета;

x_1 – запас азота (N) в 25-сантиметровом слое почвы, т/га ($r = 0,677^*$, $d = 22,0$ %);

x_2 – запас фосфора (P_2O_5) в том же слое, т/га ($r = 0,735^{**}$, $d = 8,7$ %);

x_3 – запас кальция (CaO) в том же слое, т/га ($r = 0,713^*$, $d = 38,6$ %);

x_4 – запас магния (MgO) в том же слое, т/га, ($r = 0,683^*$, $d = 30,7$ %).

Выражение указанной связи через уравнение множественной регрессии степенного вида характеризуется еще более высокими коэффициентами парной корреляции, равными соответственно: $0,687^*$, $0,800^{**}$, $0,728^*$ и $0,738^{**}$.

Анализ коэффициентов частной детерминации показывает, что весомость факторов падает в следующей последовательности: кальций, магний, азот и фосфор, подчеркивая важнейшую роль кальция в качестве основного элемента, определяющего (в соединении с гуминовыми кислотами) pH почвы и активность микрофлоры.

Влияние известкования почвы на прирост соснового подростка в высоту (за 1965–72 гг.) в сосняке сфагновом после осушения, бороздования и лесовосстановительной рубки

Норма извести, т/га	Возраст в 1965 г., лет	Прирост в высоту, см		Вероятность различия, %
		контроль	известкование	
20	1...4	43,1±4,37*	56,3±6,73*	89,90
	5...10	51,9±5,55*	99,7±10,16*	99,99
	11...20	60,1±6,67*	129,5±12,99*	99,99
10	1...4	37,8±4,43*	47,8±5,22*	85,57
	5...10	44,2±4,37*	103,6±8,36*	99,99
	11...20	74,2±9,34*	120,5±11,14*	99,99
5	1...4	39,9±4,49*	49,4±6,00*	79,59
	5...10	46,9±4,67*	89,8±7,85*	99,99
	11...20	75,5±8,18*	112,1±10,67*	99,35

Примечание: * уровень значимости 0,05, ** уровень значимости 0,01, *** уровень значимости 0,001

Влияние осушения, лесовосстановительной рубки, бороздования и известкования на прирост в высоту соснового подростка в сосняке сфагновом за 1965–72 гг.

Возраст в момент известкования, лет	Прирост в высоту, см			Дополнительный прирост, см, за счет		
	Без осушения	После осушения, рубки и бороздования	После осушения, рубки, бороздования и известкования	Осушения, рубки, бороздования	Известкования	Суммарный прирост
Внесение извести, 20 т/га						
1...4	23,2	43,1	56,3	19,9***	13,2	33,1***
5...10	27,2	51,9	99,7	24,7***	47,8***	72,5***
11...20	37,9	68,1	129,5	30,2***	61,4***	91,6***
Внесение извести, 10 т/га						
1...4	23,2	37,8	47,8	14,6*	10,0	24,6***
5...10	27,2	44,2	103,6	17,0***	59,4***	76,4***
11...20	37,9	74,2	120,5	36,3***	46,3***	82,6***
Внесение извести, 5 т/га						
1...4	23,2	39,9	49,4	16,7***	9,5	26,2***
5...10	27,2	45,9	89,8	18,7***	43,9***	62,6***
11...20	37,9	75,5	112,1	37,5***	36,6***	74,2***

Примечание: * уровень значимости 0,05, ** уровень значимости 0,01, *** уровень значимости 0,001

Из приведенных данных видно, что наблюдается довольно тесная связь между показателем класса бонитета осушаемых древостоев и запасами *CaO* в 25-сантиметровом слое осушаемых торфяных почв.

При этом четко установлено, что с уменьшением трофности болота уменьшаются и запасы *CaO*. Это обстоятельство явилось одной из причин исследований влияния известкования почв нормами 20, 10 и 5 т/га на прирост соснового подростка (табл. 6).

Из табл. 6 видно, что на внесение извести-пушонки положительно прореагировал

подрост всех возрастных групп. При этом различие в младшей возрастной группе не всегда достаточно достоверно. Наилучшую реакцию имела средняя возрастная группа. С точки нормы известкования лучшие результаты оказались при норме 10 т/га. Для общего анализа влияния осушения, комплекса лесохозяйственных мероприятий и известкования приведем сводные данные по приросту в высоту за 1965–1972 гг. (табл. 7).

Из табл. 7 видно, что известкование кислой торфяной почвы по эффективности (для средней возрастной группы) практи-

Влияние удобрения древесной золой на прирост соснового подроста в высоту (за 1965–72 гг.) в сосняке сфагновом после осушения, бороздования и лесовосстановительной рубки

Норма удобрения, т/га	Возраст в 1965 г., лет	Прирост в высоту, см				Изменение прироста	
		контроль	Удобрение золой			см	%
		$h \pm m$	$B \pm m$	t	Вероятность различия, %		
20	1...4	43,1±4,37*	76,9±7,10*	4,05	99,99	+33,3	78,4
	5...10	51,9±5,53*	120,1±9,18*	6,36	99,99	+68,2	131,4
	11...20	68,1±6,67*	151,2±11,65*	6,19	99,99	+83,1	122,0
10	1...4	37,8±4,43*	67,7±6,69*	3,47	99,99	+37,9	73,8
	5...10	44,2±4,57*	102,4±8,4*	6,18	99,99	+58,2	131,7
	11...20	74,2±9,34*	130,6±13,53*	3,43	99,99	+56,4	76,0
5	1...4	39,9±4,49*	61,5±6,12*	2,84	99,55	+21,6	54,1
	5...10	45,9±4,87*	82,5±6,87*	4,41	99,99	+36,6	79,7
	11...20	75, ±8,18*	89,7±9,20*	1,15	74,99	+14,2	18,8

Примечание: * уровень значимости 0,05, ** уровень значимости 0,01, *** уровень значимости 0,001

Влияние осушения, лесовосстановительной рубки, бороздования и удобрения древесной золой на прирост в высоту соснового подроста в сосняке сфагновом

Возраст в момент удобрения, лет	Прирост в высоту, см			Дополнительный прирост, см, за счет		
	Без осушения	После осушения, рубки и бороздования	После осушения, рубки, бороздования и удобрения золой	Осушения, рубки, бороздования	Удобрения древесной золой	Суммарный прирост
Удобрение древесной золой, 20 т/га						
1...4	23,2	43,1	76,9	19,9***	33,8***	53,7***
5...10	27,2	51,9	120,1	24,7***	68,2***	92,9***
11...20	37,9	68,1	151,2	30,2***	83,1***	113,3***
Удобрение древесной золой, 10 т/га						
1...4	23,2	37,8	65,7	14,6*	27,9***	42,9***
5...10	27,2	44,2	102,4	17,0***	58,2***	75,2***
11...20	37,9	74,2	130,6	36,3***	56,4***	92,7***
Удобрение древесной золой, 5 т/га						
1...4	23,2	39,9	61,5	16,7***	21,6***	38,3***
5...10	27,2	45,9	82,5	18,7***	36,6***	55,3***
10...20	37,9	75,5	89,7	37,6***	14,2***	51,8***

Примечание: * уровень значимости 0,05, ** уровень значимости 0,01, *** уровень значимости 0,001

чески равно сумме таких мероприятий, как осушение, лесовосстановительная рубка и бороздование. В старшей возрастной группе этот эффект несколько слабее, а в младшей – значительно слабее. Норма 10–15 т/га, по-видимому, будет оптимальной (без других видов удобрений).

В качестве четвертого вида удобрения была использована древесная зола местного стекольного завода (табл. 8). Из этой

таблицы видно, что на удобрение древесной золой положительно прореагировал подрост всех возрастных групп. При этом различие в старшей возрастной группе при норме 5 т/га недостоверно. Наилучшую реакцию, как и при применении других удобрений, показали средняя и старшая возрастные группы. С точки зрения количества удобрения лучшие результаты получены при нормах 10 и 20 т/га. Для практических целей, по-видимому, мож-

Влияние осушения, лесовосстановительной рубки, бороздования и различных видов местных удобрений на прирост в высоту соснового подростка в сосняке сфагновом за 1965–72 гг.

Возраст в момент удобрения, лет	Прирост без осушения, см	Дополнительный прирост, см, только за счет				
		Осушения, рубки и бороздования	удобрения			
			песком	торфом	известью	золой
Норма удобрения 20 т/га						
1...4	23,2	19,9***	9,2	7,3	13,2	33,8***
5...10	27,2	24,7***	27,7***	14,5	47,8***	68,2***
11...20	37,9	30,2***	43,7***	44,9*	61,4***	83,1***
Норма удобрения 10 т/га						
1...4	23,2	14,6***	8,3	5,0	10,0	27,9***
5...10	27,2	17,0***	40,5***	24,9***	59,4***	58,2***
11...20	37,9	36,3***	37,3**	24,4	46,3***	56,4***
Норма удобрения 5 т/га						
1...4	23,2	16,7***	—	—	9,5	21,6**
5...10	27,2	18,7***	—	—	43,9***	36,6***
11...20	37,9	37,6***	—	—	36,3***	14,2

Примечание: * уровень значимости 0,05, ** уровень значимости 0,01, *** уровень значимости 0,001

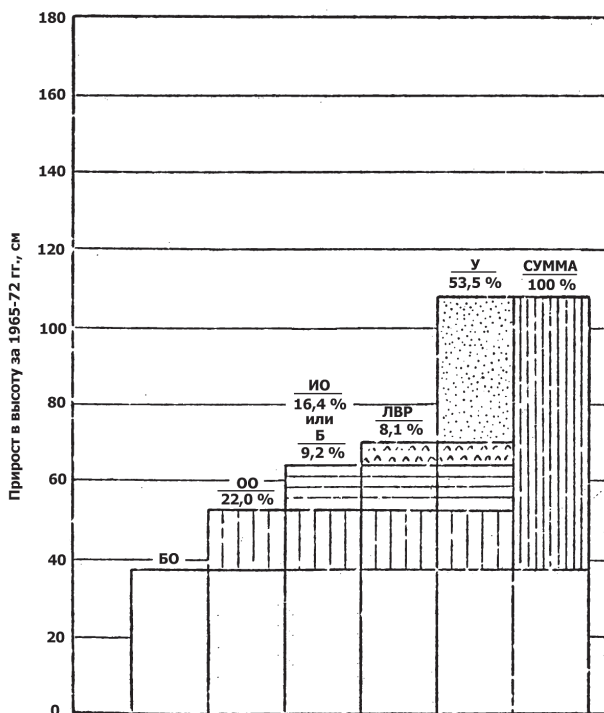


Рис. 1. Повышение эффективности осушения сосняка сфагнового 11–20 лет путем применения комплекса лесохозяйственных мероприятий и удобрения песком нормой 10 т/га (условные обозначения: БО – без осушения, ОО – общее осушение, ИО – интенсивное осушение, Б – бороздование, ЛВР – лесовосстановительная рубка, У – удобрение, СУММА – сумма всех мероприятий)

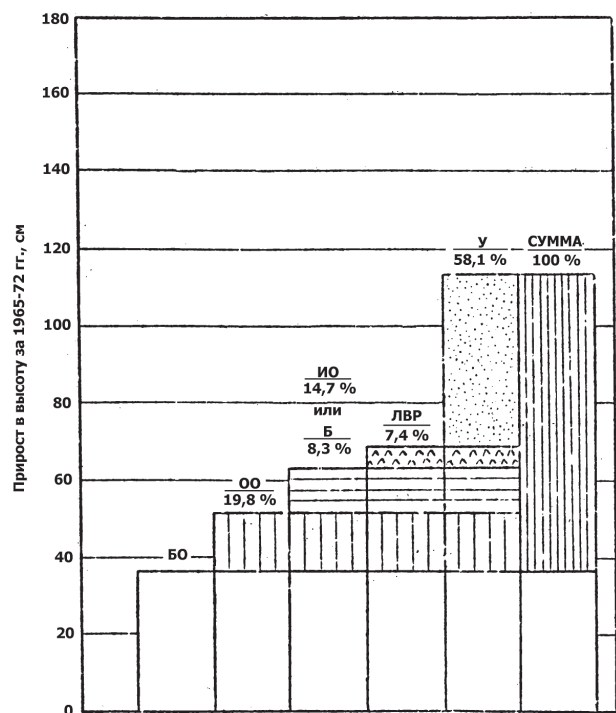


Рис. 2. Повышение эффективности осушения сосняка сфагнового 11...20 лет путем применения комплекса лесохозяйственных мероприятий и удобрения торфом нормой 20 т/га (условные обозначения те же, что и на рис. 1)

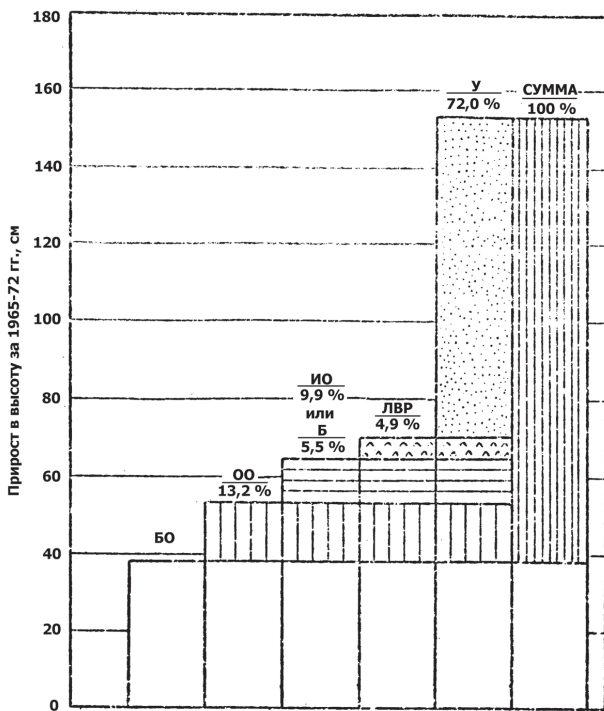


Рис. 3. Повышение эффективности осушения сосняка сфагнового 11...20 лет путем применения комплекса лесохозяйственных мероприятий и удобрения древесной золой нормой 20 т/га (условные обозначения те же, что и на рис. 1)

но ограничиться нормой 10 т/га для насаждений в стадиях молодняка и жердняка.

Для общего анализа влияния осушения, комплекса лесохозяйственных мероприятий и удобрения рассмотрим сводные данные по приросту в высоту в 1965–72 гг. (табл. 9). Из этой таблицы видно, что большие нормы удобрения весьма эффективны. Прирост только за счет удобрения превышал совокупное влияние осушения, лесовосстановительной рубки и бороздования. Все мероприятия в комплексе повысили прирост в 3–4 раза.

Влияние осушения, комплекса лесохозяйственных мероприятий и удобрения на прирост подроста. Для комплексной сравнительной оценки влияния различных лесохозяйственных мероприятий и различных видов местных удобрений рассмотрим сводные данные по всем испытанным видам удобрений (табл. 10). Из этой таблицы видно, что при одинаковых дозах удобрений их эффективность возрастает в таком порядке: верховой торф, песок, известь-пушонка, древесная

зола. Эффективность торфяного удобрения зависит в основном от его зольности, степени разложения, ботанического состава и плотности.

Целесообразность его применения определяется близким залеганием нужных горизонтов и рациональной технологией его внесения (параллельно с устройством осушительной сети и подготовкой почвы машинами фрезерного и роторного типов). При высоких нормах внесения плодородного торфа (порядка 20...50 т/га) его эффективность, по-видимому, превысит эффективность песчаных удобрений.

В лучшем варианте верховой торф повысил эффективность всех других мероприятий в 1,5 раза. То же можно сказать о целесообразности применения и эффективности удобрения песком. Применение извести повысило эффективность прочих мероприятий в 2 раза. Это хорошо согласуется с одними и противоречит другим литературным данным. Самым высокоэффективным (и долго действующим по литературным данным) оказалась древесная зола, повысившая эффективность прочих мероприятий в 3 раза.

Наглядное представление об эффективности комплекса мероприятий дают рис. 1–3.

Библиографический список

1. Елпатьевский, М.П. Методика определения эффективности лесосоушения / М.П. Елпатьевский. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1971. – 19 с.
2. Сабо, Е.Д. Нормативы для определения лесоводственной эффективности осушения. / Е.Д. Сабо, Г.Д. Спешнева, Н.Н. Малова. – М.: Союзгипролесхоз. 1977. – 184 с.
3. Кнize, А.А. Рекомендации по таксации осушенных сосняков / А.А. Кнize. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1972. – 74 с.
4. Пятацкий, Г.Б. Лесоосушение – пусть к умножению лесных богатств. / Г.Б. Пятацкий, В.М. Медведева. – Петрозаводск, Карелгиз. 1967. – 116 с.
5. Фалин, Н.А. Поверхностное осушение почвы на вырубках в черничных и травяно-болотных условиях / Н.А. Фалин, Л.В. Смоляницкая, Н.И. Стадницкая // Лесное хозяйство. – 1972. – № 2. – С. 41–43.
6. Heikurainen, L. Ketsdjitus ja sen persusteet. Helsinki, 1960, 378 p.

ЧАСТНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ НА ЛЕС: АРЕНДА ЛЕСНЫХ УЧАСТКОВ

А.А. ЯНКОВСКИЙ, *асп. ф-та экономики и внешних связей МГУЛ**tancor12@gmail.com*

Устойчивость и динамичность развития экономических систем, их способность к самоорганизации достигается путем сочетания государственных методов регулирования и рыночных механизмов саморегулирования. При этом между субъектами экономических отношений возникают определенные правоотношения, которые реализуются посредством правомочий: владения, пользования, распоряжения, закрепленных в правовых нормах. Поэтому собственность является не только экономической категорией, но и официальным объектом правовой, юридической природы.

Отсутствие нормативной базы и недостаточное развитие финансовых механизмов перераспределения государственной собственности на лесной фонд способствовало тому, что введение института частной собственности вызвало острые возражения при обсуждении проекта нового Лесного кодекса (далее – ЛК РФ) и было исключено из его последней редакции. Реализация права частной собственности напрямую связана с осуществлением стоимостной оценки объектов и наличием законодательного механизма формирования частной собственности на лесной фонд. Реформирование отношений собственности на лесной фонд обусловлено необходимостью формирования такой системы отношений собственности, которая в полной мере обеспечивала бы экологическую, социальную и экономическую эффективность лесного сектора экономики государства.

Рыночная экономика сопровождается постоянными изменениями в системе методов государственного регулирования, созданием новой системы экономических регуляторов, а также появлением разнообразных форм собственности. Таким образом, трансформация отношений собственности на лесной фонд происходит под влиянием исторических и национальных особенностей и традиций российского общества, а также с учетом общеми-

ровых тенденций, выражающихся в переходе к смешанной структуре собственности. Новая политика лесных отношений должна обеспечивать формирование условий, способствующих повышению эффективности и интенсивности использования и воспроизводства лесов. Изменение отношений собственности в лесном секторе экономики должно базироваться на правовой основе, с учетом российской опыта приватизации государственного имущества.

Особым способом использования лесов является их аренда. В настоящее время административно-рыночная, экономическая природа, правовые основы института аренды лесов не отвечают ни государственным интересам, в связи с тем, что расходы на лесное хозяйство превышают доходы, ни интересам частного бизнеса, в связи с большой величиной затрат на ведение лесного хозяйства, социальной нагрузкой, низкой рентабельностью и пр.

Лесной ресурс является потребляемой вещью, к которой применимо общее правило, согласно которому объектом по договору аренды могут быть только непотребляемые вещи. Следует отметить тот факт, что при возврате арендатором лесного участка после окончания срока аренды, характеристики участка могут иметь значительные отличия по сравнению с первоначальными характеристиками переданного по акту лесного участка. Таким образом, лес является принадлежностным имуществом. Однако свойство принадлежностного имущества воспроизводится, не является основанием для однозначного признания института аренды лесных участков эффективной формой производственной деятельности в лесу.

Длительность воспроизводственного цикла в лесном хозяйстве составляет 80–100 лет, при существующих сроках аренды 49 лет. С учетом этих особенностей лесного хозяйства невозможно применить институт аренды

в классической форме, т.к. в данном случае государство, являясь собственником имущества, предоставляет арендатору имущественный займ в виде лесного участка.

Однако при этом возникает вопрос, насколько экономически выгодно государству в долгосрочном периоде, оставаясь собственником лесов, сдавать лесные участки в аренду на 49 лет и более.

Гражданский кодекс РФ (далее – ГК РФ) и Лесной кодекс РФ не решают, к сожалению, всех проблем в правовом регулировании и реализации договоров аренды лесных участков [1, 2, 4, 7]. Лесной кодекс Российской Федерации, введенный в действие с 1 января 2007 г., внес некоторые изменения в правовое регулирование аренды участков лесного фонда. Так, ЛК РФ впервые было установлено понятие «лесной участок» как объект гражданских прав, представляющий собой имущество (недвижимую вещь) в виде комплекса земли и расположенной на ней растительности одновременно, участки нелесных земель, а также участки лесных земель, не покрытых лесной растительностью, границы которого определяются в соответствии с ЛК РФ [7].

Лесной кодекс Российской Федерации устанавливает порядок предоставления лесных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности, в постоянное (бессрочное) пользование, аренду, безвозмездное срочное пользование юридическим лицам, гражданам – в безвозмездное срочное пользование и в аренду. Договор аренды лесного участка относится к гражданско-правовым договорам и заключается в соответствии с положениями об аренде, предусмотренными ГК РФ.

На сегодняшний день аренда является наиболее востребованным правом пользования, а ее экономическое содержание составляют платежи за право пользования лесными участками. Общие принципы регулирования данных отношений определены гражданским законодательством, при этом лесное законодательство отражает специфику регулирования соответствующих отношений, которая связана с особенностями леса как объекта, ограниченного в гражданском обороте.

По договору аренды лесного участка, находящегося в государственной или муниципальной собственности, арендодатель предоставляет арендатору лесной участок для одной или нескольких целей. Перечень видов использования лесов приведен в статье 25 Лесного кодекса, где также закреплено, что леса могут использоваться для одной или нескольких целей.

В число ограничений входит запрет на сдачу в субаренду арендованного участка лесного фонда; передача своих прав и обязанностей по договору аренды участка лесного фонда, по договору аренды лесного участка другим лицам (перенаем); передача арендных прав в залог; запрет вносить арендные права в качестве вклада в уставный капитал хозяйственных товариществ и обществ или паевого взноса в производственный кооператив. Арендная плата по договору аренды лесного участка устанавливается только в денежной форме, а ее размер, условия и сроки внесения являются существенными условиями договора. В основу определения размера арендной платы положен минимальный размер арендной платы.

При использовании лесного участка с изъятием лесных ресурсов минимальный размер арендной платы исчисляется как произведение ставки платы за единицу объема лесных ресурсов и объема изъятия лесных ресурсов на арендуемом лесном участке. При использовании лесного участка без изъятия лесных ресурсов минимальный размер арендной платы определяется как произведение ставки платы за единицу площади лесного участка и площади арендуемого лесного участка.

Ставки платы, с учетом которых определяется арендная плата, устанавливают соответствующие органы государственной власти или местного самоуправления в зависимости от формы собственности на лесные участки. В настоящее время ставки платы за единицу объема лесных ресурсов и ставки платы за единицу площади лесных участков, находящихся в федеральной собственности, утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 22.05.2007 № 310.

Право пользования как малолесными, так и многолесными лесными участками определено лесным законодательством вне зависимости от степени развития лесной инфраструктуры. Так, Ю.П. Константинов считает, что Единый типовой договор аренды лесного участка ограничивает лесные отношения, а введение в текст договора пункта о компенсации арендодателем затрат на создание неотделимых улучшений, например на строительство лесных дорог, буквально ставит в тупик государственные органы лесного хозяйства [3].

По нашему мнению, при всех имеющихся недочетах и изъянах арендные отношения представляют собой пример будущей частной собственности на леса. Наиболее вероятно, что арендаторы, длительное время занимающиеся этим видом бизнеса, имеющие большой опыт работы в этой области, и будут первыми частными лесовладельцами

Собственность на леса, по мнению многих ученых лесоэкономистов и практиков лесного дела, считается основой лесных экономических отношений. Сторонники частной формы собственности на леса приводят экономическое подтверждение выгоды частного владения лесным хозяйством, приводя в качестве аргумента убедительнейший факт, что практически во всех странах Западной Европы доходность частных лесов выше государственных. Этот экономический аргумент служит главным доказательством для сторонников частной собственности на леса.

Однако эти аргументы не могут послужить основанием для введения частной собственности на леса, т.к. в России новые лесные отношения находятся на начальном этапе развития.

Институт аренды лесов можно воспринимать как первый позитивный шаг навстречу их приватизации. Однако о позитивном развитии сознания арендатора говорить пока рано. Важным для него в настоящий момент в экономической сфере является своевременная и полная уплата налогов и сборов, арендной платы, в экологической – производство лесозаготовок с учетом экологических требований, в правовой – отсутствие нарушений

лесного правопорядка. Тем не менее, следует отметить существование примеров хозяйского отношения к арендованным ресурсам у крупных арендаторов, давно и плодотворно работающих на арендуемой территории.

По мнению профессора В.Н. Петрова, экономические преимущества от той или иной формы собственности на леса могут появиться только в том случае, когда форма собственности будет согласована с функционирующими в нем общественными институтами [5]. Это понятие включает относительно устойчивые типы и формы практики, посредством которых организуется общественная жизнь, обеспечивается устойчивость связей и отношений в рамках социальной организации общества [6]. Поэтому важным в данном вопросе будет не столько экономический момент, сколько согласование с общественным устройством страны, т.к. земля, лес и другие природные ресурсы являются основой жизни и деятельности народов в России.

Безусловно, частная собственность на лес будет иметь как положительные, так и отрицательные стороны. Перечислим некоторые отрицательные стороны приватизации лесов для государства – трудности при отчуждении участков лесного фонда для государственных нужд, дополнительные затраты на компенсацию; для частного бизнеса – непредсказуемость государственной лесной политики, системы налогообложения; для населения – возможное введение ограничения доступа на лесные участки.

К положительным сторонам приватизации лесов следует отнести: для государства – пополнение бюджета, снижение затрат на управление лесами; для частного бизнеса – повышение капитализации бизнеса, рост мотивации, оборотоспособности лесных участков; а вот для населения практически никаких положительных сторон назвать нельзя.

В настоящее время тема многообразия форм собственности на леса является весьма спорной для ученых лесоэкономистов и практиков лесного дела, среди которых имеются как сторонники, так и противники возрождения частной собственности на леса в России.

И та и другая сторона нередко привлекают в качестве примера зарубежный опыт решения вопроса лесных отношений. Анализируя зарубежный опыт, следует помнить, что у каждой лесной державы страны своя история, свои традиции возникновения и развития форм собственности на лесные ресурсы, поэтому найти однозначное решение накопившихся и возникающих вопросов с помощью копирования модели развития отношений собственности другой страны невозможно.

Очередной передел лесной собственности не должен привести к роковым ошибкам в развитии отечественного лесного хозяйства [5].

Библиографический список

1. Быковский, В.К. Договор аренды лесного участка как правовая форма осуществления предпринима- тельской деятельности по использованию лесов / В.К. Быковский // Предпринимательское право. – 2008. – № 2.
2. Зиновьева, О.А. Понятие леса и лесного участка в новом Лесном кодексе Российской Федерации / О.А. Зиновьева // Журнал российского права. – 2007. – № 4.
3. Константинов, П.Ю. Договор аренды лесных участков / П.Ю. Константинов // Арбитражные споры. – 2011. – № 4.
4. Мельникова, Ю.В. Понятие лесного участка как объекта гражданских прав / Ю.В. Мельникова // Юрист. – 2008. – № 1.
5. Петров, В.Н. Частные леса в России: за и против / В.Н. Петров // Российские лесные вести, 25.07.2011. <http://lesvesti.ru/news/expert/960> // свободный.
6. Российская социологическая энциклопедия. – М., 2008. – С. 157.
7. Филимонов, Н. Аренда лесных участков (публично-правовой и частноправовой аспекты) / Н. Филимонов // Юридический мир. – 2009. – № 4.

ВИДЫ И АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СУБСТРАТОВ ЕГОРЬЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ФОСФОРИТОВ

С.Б. ВАСИЛЬЕВ, *доц. каф. искусственного лесовыращивания и механизации лесохозяйственных работ МГУЛ, канд. с.-х. наук,*
 О.В. МАРТЫНЕНКО, *доц. каф. почвоведения МГУЛ, канд. с.-х. наук,*
 В.Н. КАРМИНОВ, *доц. каф. почвоведения МГУЛ, канд. с.-х. наук,*
 Н.Н. ГОРБУНОВА, *асп. каф. искусственного лесовыращивания и механизации лесохозяйственных работ МГУЛ*

svasilyev@mgul.ac.ru

Егорьевское месторождение фосфоритов (ЕМФ) является самым крупным в числе четырех государственного значения месторождений по добыче фосфоритного сырья.

Разработка месторождений полезных ископаемых сопровождается разрушением природных ландшафтов. На каждый млн т фосфоритного сырья выводится из оборота от 22 до 97 га земель. На ЕМФ до 2000 г. ежегодная добыча составляла 6,2 млн т фосфоритов.

Объектом исследования явились различные типы лесных культур на разровненных отвалах вскрышных пород ЕМФ, а также опытные культуры, созданные на глауконитовом песке с различной мощностью слоя (10 см, 20 см, 30 см).

Оценка лесорастительных условий на техногенных землях основывается на учете пригодности различных горных пород по химическим и физическим свойствам, определенным минералогическим составом, сочетанием плодородия субстрата и степени его увлажнения [5].

При отводе земель под лесную рекультивацию на ЕМФ формирование почвенного профиля не производилось. На поверхность спланированных участков выносились глубокие слои грунта, а верхний слой зональной почвы оказывался погребенным в основании внутреннего отвала. Селективная отсыпка поверхности слоя почвы при снятии вскрыши на ЕМФ не применялась, так как зональные почвы имеют низкое плодородие и малогумусный горизонт [11].

Физические свойства вскрышных пород (по данным ГИЗР)

Тип субстрата	Удельная масса, г/см ³	Объемная масса, г/см ³	Гигроскопич. влажность, %	Коэффициент пористости	Коэффициент фильтрации, м/сут.	Общая порозность
Гумусовый слой почвы	2,66	1,50	2,20	0,785	1,32	43,60
Кварцевый песок	2,65	1,55	0,80	0,724	1,61	41,50
Глауконитовые породы	2,65	1,40	4,60	0,893	1,37	47,10

Агрохимические свойства субстратов, мелиорируемых нанесением глауконитового песка на участке 10-летних культур (кв. 44, слой 0–40 см)

№ варианта	Вид техногенных субстратов	Месяцы	рН _{Н2О}	рН _{КCl}	H	S	E	V	N-NH ₄	N-NO ₃	N(NH ₄ +NO ₃)	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус
					мг-экв на 100 г почвы			%	мг на 100 г почвы					%
1	Кварцевый песок (контроль)	V	5,60	4,09	1,64	0,61	2,25	27,1	1,01	0,15	1,16	6,6	10,5	0,22
		VII	5,60	4,12	1,31	0,79	2,10	37,5	1,32	0,18	1,50	7,5	13,5	0,24
		IX	5,65	4,12	1,31	0,98	2,29	42,8	1,20	0,18	1,38	5,8	14,0	0,26
2	Глауконитовый песок, 10 см	V	5,45	4,32	2,79	6,99	9,78	71,5	1,81	0,24	2,05	8,6	17,5	0,40
		VII	5,40	4,36	2,95	6,61	9,56	69,1	1,93	0,17	2,10	11,3	17,9	0,45
		IX	5,55	4,36	3,29	15,81	19,10	82,8	2,05	0,15	2,20	9,0	24,5	0,40
3	Глауконитовый песок, 20 см	V	5,40	4,32	3,45	15,25	18,70	81,6	1,81	0,29	2,10	9,4	20,1	0,44
		VII	5,50	4,39	3,61	17,13	20,74	82,6	1,93	0,33	2,26	13,7	21,0	0,50
		IX	5,37	4,35	3,79	15,44	19,23	80,3	1,69	0,20	1,89	12,5	19,2	0,50
4	Глауконитовый песок, 30 см	V	5,45	4,38	3,79	15,44	19,23	80,3	1,69	0,25	1,94	8,9	22,1	0,61
		VII	5,42	4,35	3,12	16,95	20,07	84,5	2,42	0,29	2,71	17,2	24,5	0,61
		IX	5,55	4,39	3,45	13,94	17,39	80,2	1,08	0,26	1,34	14,5	25,9	0,61

В.В. Андрус, С.В. Карлович, М.Н. Акопов (1986) считают, что глауконитовый песок более пригоден для нанесения на отвалы при рекультивации нарушенных земель фосфоритных месторождений, чем распространенные в зоне дерново-подзолистые песчаные и супесчаные почвы.

Глауконитовые породы имеют более благоприятный для роста растений гранулометрический состав [11], обладают хорошей водоудерживающей способностью (табл. 1) и используются на ЕМФ при сельскохозяйственной рекультивации в качестве насыпного верхнего слоя мощностью 50–70 см [1, 8, 10, 12].

Ввиду недостатка плодородных почв нами были исследованы возможности использования глауконитовых песков в качестве мелиоранта песчаных субстратов ЕМФ.

Во время исследований были заложены четыре пробные площади. С каждой про-

бной площади в мае, июле и сентябре были отобраны почвенные образцы в соответствии с принятыми в почвоведении нормами и требованиями. В соответствии с принятыми методиками из отобранных образцов был взят средний образец почвы для последующего химического анализа в почвенной лаборатории в пятикратной повторности.

В лаборатории были определены следующие важнейшие показатели:

- рН_{Н2О} и рН_{КCl} – потенциометрически;
- Н – гидролитическая кислотность по Каппену, мг-экв на 100 г почвы;
- S – сумма поглощенных оснований по Каппену-Гильковицу, мг-экв на 100 г почвы;
- E – емкость поглощения почвой катионов, мг-экв на 100 г почвы;
- V – степень насыщенности почв основаниями, %;

- NO_3^- – нитраты почвы ионометрически, мг на 100 г почвы;
- NH_4^+ – аммиачный азот электрофотоколориметрически, мг на 100 г почвы;
- P_2O_5 – подвижные формы фосфора (фосфорной кислоты) электрофотоколориметрически по Кирсанову, мг на 100 г почвы;
- K_2O – подвижные формы калия по Масловой, мг на 100 г почвы;
- С – углерод перегноя (гумус) по И.В. Тюрину, %.

Агрохимические свойства техногенных субстратов в опыте с нанесением глауконитового песка разной мощности представлены в табл. 2.

Из приведенных данных видно, что во всех вариантах опыта по степени кислотности субстраты относятся к категории кислых.

Содержание гумуса в различных техногенных субстратах, согласно нашим исследованиям, очень мало. Однако наблюдается тенденция его увеличения в зависимости от мощности слоя глауконитового песка. Так, содержание гумуса в среднем за весь вегетационный период на вариантах № 2, № 3, и № 4 равно соответственно 0,41, 0,48 и 0,61 %, что в 1,7, 2 и 2,6 раза больше, чем на контроле, где количество гумуса – 0,24 %.

Подвижный азот на всех вариантах представлен в основном в аммиачной форме (N-NH_4). На контроле (вариант № 1) сумма подвижного азота в течение всего вегетационного периода одинаковая и составляет 1,16–1,50 мг на 100 г субстрата. В вариантах № 2 количество аммонийного и нитратного азота в течение вегетации постоянно, и в 1,5 раза больше, чем на контроле. Практически такая же тенденция наблюдается и в варианте № 3. Максимальное содержание подвижного азота отмечено в июле в вариантах № 4, где оно составило 2,71 мг на 100 г субстрата. В данном варианте наблюдается характерное уменьшение концентрации подвижного азота в конце сентября до уровня контроля.

Содержание фосфора (P_2O_5) на контроле стабильно в течение вегетационного периода и составило 5,8–7,5 мг на 100 г субстрата. В вариантах № 2 и № 3 концентрация подвижных форм фосфора в течение иссле-

дуемого периода изменяется незначительно, однако она превышает концентрацию P_2O_5 на контроле в 1,5–2,0 раза. Содержание подвижных форм фосфора максимально в июле в варианте № 4 и составило 17,2 мг на 100 г субстрата. Это в 2,3 раза больше, чем на контроле. В конце мая и конце сентября значения подвижного фосфора близки к значениям варианта № 3, где слой глауконитового песка составляет 20 см.

Общее содержание подвижного калия (K_2O) на контроле в течение вегетационного периода составляет 10,5–14,0 мг на 100 г субстрата. В варианте № 2 наблюдается тенденция к увеличению содержания K_2O к концу сентября. Если в мае в варианте № 2 содержание подвижного калия составляет 17,5 мг на 100 г, то к концу сентября оно увеличивается до 24,5 мг на 100 г субстрата, что больше в 1,7 раза, чем на контроле. В варианте № 3 содержание K_2O в течение вегетационного периода существенно не изменяется и составляет 19,2–21,0 мг на 100 г субстрата. Количество K_2O в варианте № 4 повышается с конца июля и находится на уровне 24,5 мг на 100 г субстрата, что в 1,9 раза больше, чем на контроле. Максимальное содержание подвижного калия приходится на конец сентября в варианте № 4 и равняется 25,9 мг на 100 г субстрата.

По степени насыщенности субстратов основаниями варианты, где был нанесен слой глауконитовых песков различной мощности, в значительной степени отличаются от контроля (кварцевый песок). В зависимости от толщины слоя глауконитовых песков (варианты № 2–4) степень насыщенности основаниями субстратов меняется незначительно и составляет 69,1–84,5 %. Проведенные исследования показали, что покрытие глауконитовым песком выровненных техногенных отвалах ЕМФ положительно сказывается на агрохимических свойствах субстрата. Техногенные субстраты, на которые был нанесен глауконитовый песок разной мощности, обладают большим содержанием подвижных форм азота, фосфора, калия, чем на контроле. Максимальное содержание подвижных форм $\text{N}(\text{NH}_4 + \text{NO}_3)$, P_2O_5 , K_2O наблюдается в вари-

анте № 4, где мощность слоя глауконитового песка составляет 30 см.

Таким образом, можно сделать вывод, что глауконитовый песок является достаточно эффективным мелиорантом техногенных субстратов, наносимых на поверхность разровненных отвалов ЕМФ. Это заметно улучшает агрохимические свойства субстрата, особенно при мощности слоя глауконитового песка в 30 см.

Библиографический список

1. Акопов, М.Н. Сельскохозяйственная рекультивация земель, нарушенных при добыче фосфоритов (на примере Егорьевского месторождения): дис. ... канд. с.-х. наук / М.Н. Акопов. – Воронеж, 1987. – 21 с.
2. Андрес, В.В. Опыт рекультивации выработок фосфоритных месторождений / В.В. Андрес, С.В. Карлович, М.Н. Акопов // Земледелие. – 1986. – № 6. – С. 14–16.
3. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: МГУ, 1970. – 488 с.
4. Бабич, Н.А. Биологическая продуктивность лесных культур / Н.А. Бабич, М.Д. Мерзленко. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 1998. – 89 с.
5. Баранник, Л.П. Рекультивация земель Кемерово / Л.П. Баранник, А.М. Шмонов. – Кемеровское кн. изд-во, 1988. – 67 с.
6. Дроздов, И.И. Лесная интродукция / И.И. Дроздов, Ю.И. Дроздов. – М.: МГУЛ, 2000. – 135 с.
7. Казанцева, Е.В. Культуры карельской березы на техногенных субстратах Егорьевского месторождения фосфоритов / Е.В. Казанцева, С.Б. Васильев // научн. тр. МГУЛ. – 2000. – Вып. 303. – С. 79–87.
8. Карлович, С.В. Восстановление плодородия рекультивированных земель / С.В. Карлович, М.Н. Акопов // Земледелие. – 1980. – № 3. – С. 48–49.
9. Любавская, А.Я. Селекционное значение агротехники выращивания сортового посадочного материала березы карельской / А.Я. Любавская // науч. тр. МЛТИ. – 1989. – Вып. 221. – С. 13–17.
10. Максимушкина, Р.А. Рекультивация земель / Р.А. Максимушкина, С.В. Карлович // Земля родная. – 1979. – № 8. – С. 20–21.
11. Новожилова, Е.О. Экологическая оценка культур сосны обыкновенной на отвалах Егорьевского месторождения фосфоритов: дис. ... канд. биол. наук / Е.О. Новожилова. – М.: МЛТИ, 1994. – 22 с.
12. Тюлина, О.В. Динамика плодородия рекультивируемых земель Егорьевского месторождения фосфоритов / О.В. Тюлина, З.П. Антонова, Е.А. Аношкина // Агрохимия. – 1981. – № 9. – С. 80–86.

ПОТОМКИ СПРОСЯТ

В.Я. КУРАМШИН, директор Российского музея леса, заслуженный лесовод Российской Федерации, д-р с.-х. наук,

М.А. МИХАЙЛОВ, заместитель директора Российского музея леса

forestmuseum@mail.ru

Исполнилось 20 лет Конференции ООН по Окружающей среде и развитию, проходившей в Рио-де-Жанейро в 1992 г. Принятая на ней Декларация содержит 27 принципов по правам и обязанностям стран в обеспечении устойчивого развития, роста благосостояния населения и сохранения окружающей среды. По материалам конференции «Устойчивое развитие – это модель движения вперед, при котором достигается удовлетворение потребностей нынешнего поколения без лишения такой возможности будущих поколений».

На повестке дня XXI в. рассматривались вопросы сохранения и рационального использования ресурсов, в частности глава 11 раздела 2 посвящалась борьбе с уничтожением лесов.

Сегодня, говоря о лесе вообще, мы понимаем, что это возобновляемый ресурс. Конечно, понеся те или иные затраты, можно восстановить утраченные (истребленные) леса, жаль только, что зачастую это происходит с большой потерей во времени или не происходит вовсе в расчете на то, что лес, на худой конец, восстановится сам.

Иное дело – леса исторического значения и памятники природы. В России площадь исторических лесов и памятников природы федерального значения не превышает 200 тыс. (табл. 1) гектаров (областного и республиканского значения гораздо больше).

А вот пример памятника природы в Дальневосточном федеральном округе (табл. 2)

Объекты лесов исторического значения (из) и памятников природы (пп) по федеральным округам по состоянию на 2007 г.

№	Округ	Количество объектов (из/пп)		Площадь лесов, га (из/пп)	
1	Центральный	$\frac{20}{24}$	44	$\frac{76709}{2874,2}$	79583,2
2	Южный	$\frac{1}{3}$	4	$\frac{6683}{1812}$	8495
3	Приволжский	$\frac{6}{10}$	16	$\frac{5581,3}{10841}$	16422,3
4	Северо-Западный	$\frac{2}{1}$	3	$\frac{56015}{4,3}$	56019,3
5	Уральский	$\frac{0}{1}$	1	$\frac{0}{1175}$	1175
6	Сибирский	$\frac{1}{1}$	2	$\frac{8110}{11000}$	19110
7	Дальневосточный	$\frac{0}{1}$	1	$\frac{0}{641}$	641
	ИТОГО	$\frac{30}{41}$	71	$\frac{153098,3}{28347,5}$	181445,8

Памятники природы федерального значения

Наименование объекта	Местоположение, район, лесхоз, лесничество, № № кв, выделов	Площадь, га, всего	Наименование органа, принявшего постановление (решение) о выделении, №, дата
Приамурско-Приморский хвойно-широколиственный район			
Метеоритно-кратерный Сихотэ-Алинский памятник	Красноармейский район, Измайловский лесхоз, Метеоритное лесничество, кв. 18–19	641	СМ СССР 28.06.61 № 841, РСФСР 18.11.71 № 2340-Р Приморск. исп. власть 29.08.75 № 780

Защитные леса этих двух категорий по сути являются природными «музейными предметами», утрата их невозможна. Лишить потомков этих лесов – значит потерять часть культуры народов, населяющих Россию, утратить часть общероссийской культуры. Не случайно право на выделение в Лесном фонде страны этих категорий предоставлялось на всех уровнях исполнительной власти, не только федеральном (общесоюзном). Следует помнить, что и ответственность за состояние и сохранность памятников природы и исторических лесов остается за территориями.

В настоящее время в практику лесопользования стремительно входит сдача лесов в аренду, что не может не вызывать беспокойства за судьбу памятников природы. У России за плечами богатый исторический опыт арендных отношений. В лесной энциклопедии 1903 г. известный таксатор П.Н. Вереха писал:

«Лесные аренды. Весьма удобный для владельцев сельскохозяйственных угодий способ извлечения доходов от своего имущества, аренда является почти неприменимой к лесному имуществу. По словам Рошера, отдача в аренду принадлежит к дальнейшим усовершенствованным формам хозяйства, которые почти навсегда останутся недоступны для лесного хозяйства. Большую часть хозяйственного капитала, наличный лес собственнику приходилось бы давать от себя и очень трудно было бы ему удержать арендатора от рубок вне условий. Контроль действий арендатора был бы сопряжен с неменьшими заботами, как и личное со стороны владельца заведывание хозяйством». Этот теоретический вывод, разделяемый и финансистом Рау, находит блистательное подтверждение на опыте. Аренда лесов в имениях князей Аремберг, совершенная бывшею кельнскою придворною конторою, должна была

нарушиться, так как арендаторы вырубали леса вопреки условиям контрактов. Такой же результат оказался и от аренды лесов графа Эстергази в Венгрии, около 177 тыс. десятин. То же подтверждает и русский опыт. В 1847 г. казенные дачи Раменная Калужской губернии и Полпинская Орловской губернии были отданы в долгосрочную аренду г. Мальцеву, но впоследствии оказалось, что казна в течение только 10-ти лет понесет убытка по крайней мере 20 000 руб. По этому поводу журнал министерства государственных имуществ говорил: *«Таким образом лесное управление убедилось, что отдача лесов в аренду есть самый дурной и самый дорогой способ управления лесами. Лес – такого рода собственность, что, отдавая ее вполне в руки эксплуататора, мы должны или связать его самым мелочным контролем (а на этом основании никакой контракт не состоится), или дать ему свободу, но уже тогда жертвовать дачею».* Следует заметить, что лес, считаясь собственностью недвижимой, в одной части составляющего его капитала (в насаждении) имеет все свойства движимости, притом трудно с точностью характеризуемой. Поэтому отдача леса в распоряжение другому



Рисунок

лицу, непосредственно не заинтересованному в сбережении его, не может быть обставлена такими условиями, которые вполне гарантировали бы сохранность леса».

Другой не менее уважаемый профессор, бывший лесничий образцового лесничества в Пензенской губернии А.Ф. Рудзкий на II съезде лесовладельцев (собственников) и лесохозяев (лесничих) в г. Липецке в 1874 г. отмечал:

«Не менее всех предыдущих важных выгод должно быть ценимо и то обстоятельство, что при собственной разработке возможно выполнение всех условий, требуемых правилами лесоводства для успешного возобновления вырубаемого леса. При продаже же на корню достигнуть этого невозможно: если не обставить продажи на корню всеми необходимыми ограничениями, то лесовозобновление будет весьма затруднено, если же, напротив, ввести в контракт все подобные ограничения, то это неизбежно отзовется уменьшением охоты к покупке, а следовательно, и понижением цен, не говоря уже о том, что в конце концов многие требования все-таки останутся невыполненными.

Высказанные положения взяты мною из долголетней практики, и я надеюсь, что примеры, какие приведут в дебатах другие члены съезда, вполне подтвердят истину моих доводов».

Учитывая исторический опыт наших предшественников, мы понимаем, что леса исторического значения и памятники природы не могут сдаваться в аренду ни физическим, ни юридическим лицам. Они должны стать заботой органов управления лесным хозяйством субъектов Российской Федерации и лесных департаментов в федеральных округах.

Уход и охрана в этих лесах должны вестись предприятиями органов управления лесами субъектов федерации.

Библиографический список

1. Страхов, В.В. Глобализация лесного хозяйства / В.В. Страхов, А.И. Писаренко, В.А. Борисов. – М.: ВНИИЦлесресурс, 2001. – С. 113–114.
2. ФБУ «Российский музей леса». Отчет «Мониторинг лесов исторического значения и памятников природы», 2007.
3. Энциклопедия русского лесного хозяйства. – С.-Петербург, 1903. – С. 1193–1194.

ВЛИЯНИЕ РАСПИЛОВКИ В РАМНОМ ПОТОКЕ НЕСОРТИРОВАННЫХ БРЕВЕН НА ПОКАЗАТЕЛИ РАСХОДА ДРЕВЕСИНЫ

В.Ф. ВЕТШЕВА, *проф. каф. технологии деревообработки СибГТУ, д-р техн. наук,*
А.Н. СЫЧЕВ, *ст. преподаватель СибГТУ*

redd74@mail.ru

В современных условиях, когда наиболее качественная древесина из Сибири отправляется на экспорт в зарубежные страны, отечественные лесопильные предприятия вынуждены перерабатывать в основном низкосортное и дровяное сырье. Даже на крупных лесопильных комплексах бревна высших сортов составляют не более 15 %. В результате в составе получаемой пилопродукции до 60 % и более приходится на доски, которые на рынках сбыта из-за пораженности пороками не пользуются спросом или реализуются по низким ценам. Дополнительные убытки предприятия имеют из-за вынужденных простоев при нестабильной поставке сырья. В этих случаях в рамных потоках одним поставом распиливают бревна 4-х, 6-ти и более четных диаметров. По предварительным расчетам такая распиловка приводит к значительной потере выхода пиломатериалов из отдельных бревен, а в целом к ухудшению всей структуры баланса расхода древесины и к снижению рентабельности процессов. В теории раскрытия пиловочной древесины применительно к массовым распиловкам эта актуальная проблема не изучена. Поэтому важно выявить потери выхода пиломатериалов от распиловки одним поставом несортированных бревен в условиях действующих предприятий. Чтобы в эксперименте полнее охватить диапазон встречающихся диаметров и длины распиливаемых бревен, а также размерные спецификации пилопродукции, исследования проводили на разных предприятиях края. В статье обобщены результаты одной экспериментальной распиловки из проведенных пяти распиловок, в которых задействованы в основном бревна диаметрами 14...24 см, относящиеся по ГОСТ9463 к средним лесоматериалам. На практике при распиловке несортированных бревен поставными называют бревна, для ко-

торых был составлен и рассчитан постав, а остальные бревна считаются непоставными. В проведенных экспериментах одним поставом распиливали бревна разного диаметра и разной длины без специального подбора, поэтому проводили учет размерных параметров каждого бревна по мере их поступления в цех. Замеры проводили средствами предприятия с участием контролера и с корректировкой длины бревен на стандартные значения. Параметры бревен использовали в компьютерной программе для определения расхода древесины по всем компонентам баланса с привязкой к каждому бревну. В итоге результаты обобщали по всему распиленному в экспериментах сырью. Расчет на ЭВМ выхода пиломатериалов из бревен каждого диаметра проводили в диалоговом режиме с корректировкой оптимальных размеров ширины и длины досок, выдаваемых компьютером, на требуемые по заданию потребителей стандартные размеры по ГОСТ 24454. Нередко это заметно приводило к снижению выхода пилопродукции. Предварительно при планировании экспериментов были изучены ведомости поступления сырья в лесопильный цех за предыдущий год и ходовые поставки, применяемые посменно согласно поступавшим заказам на пилопродукцию. Обработку экспериментальных данных по сырью в каждой распиловке поясним на примере первой из них (№ 1). В ней поставный (расчетный) диаметр бревен 22см, их средняя длина $L = 5,5$ м. Распиловку осуществляли по следующим поставам предприятия: на первой раме 25/3–100/1–25/3; на второй раме 25/11.

Поставный (расчетный) выход пиломатериалов при длине бревен 5,5м $V_{22}^p = 57,55$ %. Скорректированный на средневзвешенную длину бревен этого диаметра он оказался равным $V_{срв 22}^p = 57,44$ % (см. таб-

Распределение бревен каждого диаметра по длинам, %

Диаметр бревен, см	Длина бревен, м						итого
	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	
1	2	3	4	5	6	7	8
14	5,0	5,0	17,0	72,0	1,0	–	100
16	4,3	4,3	18,9	70,8	1,7	–	100
18	2,7	3,6	15,3	72,1	6,3	–	100
20	2,4	2,4	12,6	80,2	2,4	–	100
22	3,6	1,2	8,4	83,2	3,6	–	100
24	2,8	–	8,5	85,9	1,4	1,4	100
26	–	–	26,3	63,2	10,5	–	100
28	50,0	–	50,0	–	–	–	100

Т а б л и ц а 2

Распределение бревен каждой длины по диаметрам, %

Диаметр бревен, см	Длина, м						N_i
	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	
1	2	3	4	5	6	7	8
14	0,8	0,8	2,6	11,5	0,2	–	15,9
16	0,8	0,8	3,5	13,0	0,3	–	18,4
18	0,5	0,6	2,7	12,7	1,1	–	17,6
20	0,5	0,5	2,5	16,4	0,5	–	20,4
22	0,5	0,2	1,1	10,9	0,5	–	13,2
24	0,3	–	0,9	9,5	0,2	0,2	11,1
26	–	–	0,8	1,9	0,3	–	3,0
28	0,2	–	0,2	–	–	–	0,4
Всего по длинам N_i	3,6	2,9	14,3	75,9	3,1	0,2	100

лицу 3). Характеристика распиленных бревен по их диаметрам и длине представлена в табл. 1 и 2. По данным табл. 2 (нижней строки и восьмой графы соответственно) определены средневзвешенные значения длины и диаметра распиленных бревен: $L_{срв} = 5,35\text{м}$; $D_{срв} = 18,9\text{см}$.

Определенные на ЭВМ значения расчетного выхода пиломатериалов, %, из учтенных бревен каждого диаметра и каждой длины при раскросе по единому поставу, представлены в таблице 3 по графам 2...7. По этим значениям с учетом процентного состава бревен по длинам (таблица 1) построчно определены показатели средневзвешенного расчетного выхода пиломатериалов, $V_{срв}^p$ из бревен каждого диаметра и по всей распиловке (графа 8 таблица 3). В результате определена регрессионная зависимость средневзвешенного выхода пиломатериалов от диаметра бревен в условиях их подачи в цех несортированными

$$Y_1 = 75,4047 - 430,577 / X; R^2 = 93,51 \%, \quad (1)$$

где Y_1 – средневзвешенный выход пиломатериалов, %;

X – диаметр бревен, см;

R – коэффициент детерминации, %.

Показатели, получаемые по регрессионным уравнениям, далее названы модельными.

Расчетные средневзвешенные результаты распиловки № 1 по показателям выхода пиломатериалов из бревен каждого диаметра представлены на рис. 1 ломаной линией, а их модельные значения, рассчитанные по формуле (1), – нижней регрессионной кривой. Общий расчетный средневзвешенный выход пиломатериалов по распиловке № 1 равен

$$V_{\text{№ 1}}^p = 0,01 \sum (V_{срв i}^p * N_i) = 51,73 \%, \quad (2)$$

где i – диаметр бревен, см;

N_i – количество бревен i -го диаметра, %.

На рис. 1 заштрихованные зоны влево от поставного диаметра 22 см отражают разницу выхода пиломатериалов из бревен,

Расчетный выход пиломатериалов, %, из бревен каждого диаметра и длины

Диаметр бревен, см	Длина, м						В ^р _{срв}
	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	
1	2	3	4	5	6	7	8
14	41,10	40,18	44,46	44,32	44,21	–	43,97
16	49,34	50,28	50,66	50,22	50,20	–	50,27
18	54,17	52,99	52,08	51,07	50,26	–	51,33
20	52,08	51,29	50,99	51,19	50,95	–	51,18
22	58,11	58,13	56,93	57,50	56,25	–	57,44
24	57,14	–	56,94	58,02	57,77	57,55	57,87
26	–	–	58,89	58,93	58,41	–	58,86
28	60,34	–	59,12	–	–	–	59,73
В ^р _{дл}	1,83	1,41	7,34	39,41	1,62	0,11	51,73

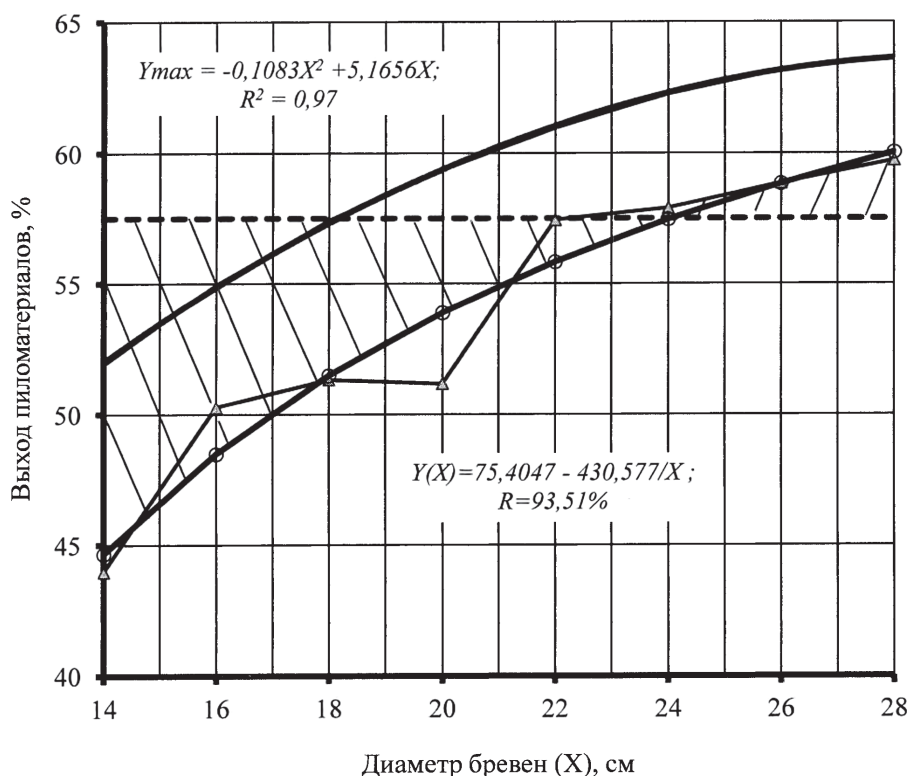


Рис. 1. Зависимость выхода пиломатериалов от диаметра бревен

диаметр которых меньше поставного по сравнению с поставным, а с правой стороны указывают прирост выхода по сравнению с поставным. Снижение выхода по сравнению с поставным происходит при распиловке бревен диаметрами от 14 до 20 см включительно, а прирост обеспечивают бревна диаметрами от 24 см и выше.

Средневзвешенный выход из бревен диаметрами 24, 26, и 28 см, по которым происходит его прирост, $V_{\text{прир}}^p = [\sum (V_{\text{срв } i}^p * Ni)] / \sum Ni, \%$. В данном случае $\sum Ni = 14,5 \%$,

а суммарный выход из этих бревен равен $V_{\text{срв}}^p = [57,87 * 11,1 + 58,86 * 3 + 59,73 * 0,4] / 14,5 = 58,13 \%$, откуда прирост будет равен $\Delta = 58,13 - 57,44 = 0,69 \%$.

Средневзвешенный выход из бревен толщиной 14–20 см составил 49,4 %. Этих бревен в общем составе 72,3 %. Потери выхода во всей распиловке оказались равными $51,73 - 49,4 = 2,33 \%$. При этом расход сырья на один м³ вырабатываемой пилопродукции возрос: $P = 1/0,494 - 1/0,5173 = 0,1 \%$. Для более точного учета вероятных годовых потерь

Максимальный средневзвешенный выход пиломатериалов, %

Диаметры бревен, см	Длина, м						V ^{max} _{срв}
	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	
1	2	3	4	5	6	7	8
14	54,76	53,48	51,08	51,79	52,16	–	51,90
16	55,68	56,56	54,28	54,97	55,34	–	54,94
18	56,70	58,96	56,78	57,45	58,02	–	57,42
20	57,71	60,88	58,78	59,43	60,20	–	59,36
22	58,73	62,45	60,41	61,05	61,89	–	60,96
24	59,74	–	61,77	62,40	63,07	60,83	62,26
26	–	–	62,92	63,54	63,76	–	63,40
28	61,77	–	63,91	–	–	–	62,84

и возможности повышения выхода пиломатериалов с позиций рационального использования пиловочного сырья были разработаны регрессионные зависимости, полученные на основе расчета системы ходовых поставов предприятия. В этой системе из 900 поставов, составленных для бревен каждой группы длин, выбирались поставки, имеющие максимальное значение выхода пиломатериалов по сравнению с остальными

$$V_{4,0}^m = 47,5625 + 0,50736 * X + 0,0000491071 * X^2; R = 93,51 \%,$$

$$V_{4,5}^m = 78,1423 - 345,247/X; R = 98,13 \%,$$

$$V_{5,0}^m = 76,7441 - 359,3655/X; R = 96,93 \%,$$

$$V_{5,5}^m = 77,2545 - 356,519/X; R = 98,50 \%,$$

$$V_{6,0}^m = 15,9625 + 3,45726 * X - 0,0622619 * X^2; R = 98,49 \%,$$

$$V_{6,5}^m = 1/(0,0125284 + 0,0938481/X); R = 97,37 \%,$$

где V^m_{ij} – максимальный выход пиломатериалов из бревен i-го диаметра j-той длины, %;

X – диаметр бревен, см.

В уравнениях учтен долевой состав бревен каждого диаметра в каждой группе длин, отраженный по столбцам в табл. 1. Далее значения V^m_j представлены с индексом V^{max}.

Определенные по этим уравнениям показатели выхода пиломатериалов из бревен каждого диаметра и каждой длины представлены в табл. 4 по графам 2...7, а в последнем 8-м столбце в каждой строке указан средневзвешенный выход, V^{max}_{срв}, полученный по строкам с использованием состава бревен каждого диаметра по длинам из табл. 1. По значениям V^{max}_{срв} разработана математическая

модель, верхняя на рис. 1, отражающая зависимость максимального выхода пиломатериалов от диаметров бревен X

$$V^{\max} = -0,1083 * X^2 + 5,1656 * X; R^2 = 0,9763. (3)$$

Значения V^{max} записаны в третью графу таблицы № 5.

Расчетный выход пиломатериалов, представленный в таблице 5 в графе 2, определен по нижней математической модели (1) на рис. 1, поэтому он обозначен как расчетный модельный показатель.

По разности значений выхода, полученных при расчете по уравнениям, отраженным верхней и нижней кривой на рис. 1, определен вероятный средневзвешенный показатель потерь выхода пиломатериалов из бревен каждого диаметра, а в итоге потери выхода по распиловке в целом.

Для расчета ресурсоемкости получаемых пиломатериалов, характеризующей расход сырья на один м³ вырабатываемой пилопродукции, по данным второго и третьего столбцов табл. 5 определены общие модельные значения выхода пилопродукции по распиловке № 1, формулы (4) и (5) соответственно

$$V_{\text{мод общ} \text{ № 1}}^p = 0,01 \sum (V_{\text{мод } i}^p * Ni), \% (4)$$

$$V_{\text{мод общ} \text{ № 1}}^{\max} = 0,01 \sum (V_{\text{мод } i}^{\max} * Ni), \% (5)$$

Модельные значения общего выхода пиломатериалов для распиловки № 1 оказались равными: V^p_{мод общ № 1} = 51,82 %; V^{max}_{мод общ № 1} = 57,68 %. При этом за счет распиловки несортированных бревен расход сырья на один м³ пиломатериалов увеличивается P = 1/0,5182 – 1/0,5768 = 1,93 – 1,73 = 0,2 м³/м³.

Распиленное сырье в каждом из проведенных пяти экспериментов в целом соот-

Потери выхода пиломатериалов по итогам распиловки № 1

Диаметр бревен, см	Средневзвешенный выход пиломатериалов, %		Потери выхода, %	
	Расчетный модельный	Максимальный модельный	По диаметрам	По распиловке
1	2	3	4	5
14	44,64	51,90	7,26	5,86
16	48,50	54,94	6,44	
18	51,48	57,42	5,94	
20	53,87	59,36	5,49	
22	55,83	60,96	5,13	
24	57,46	62,26	4,80	
26	58,84	63,40	4,56	
28	60,03	62,84	2,81	

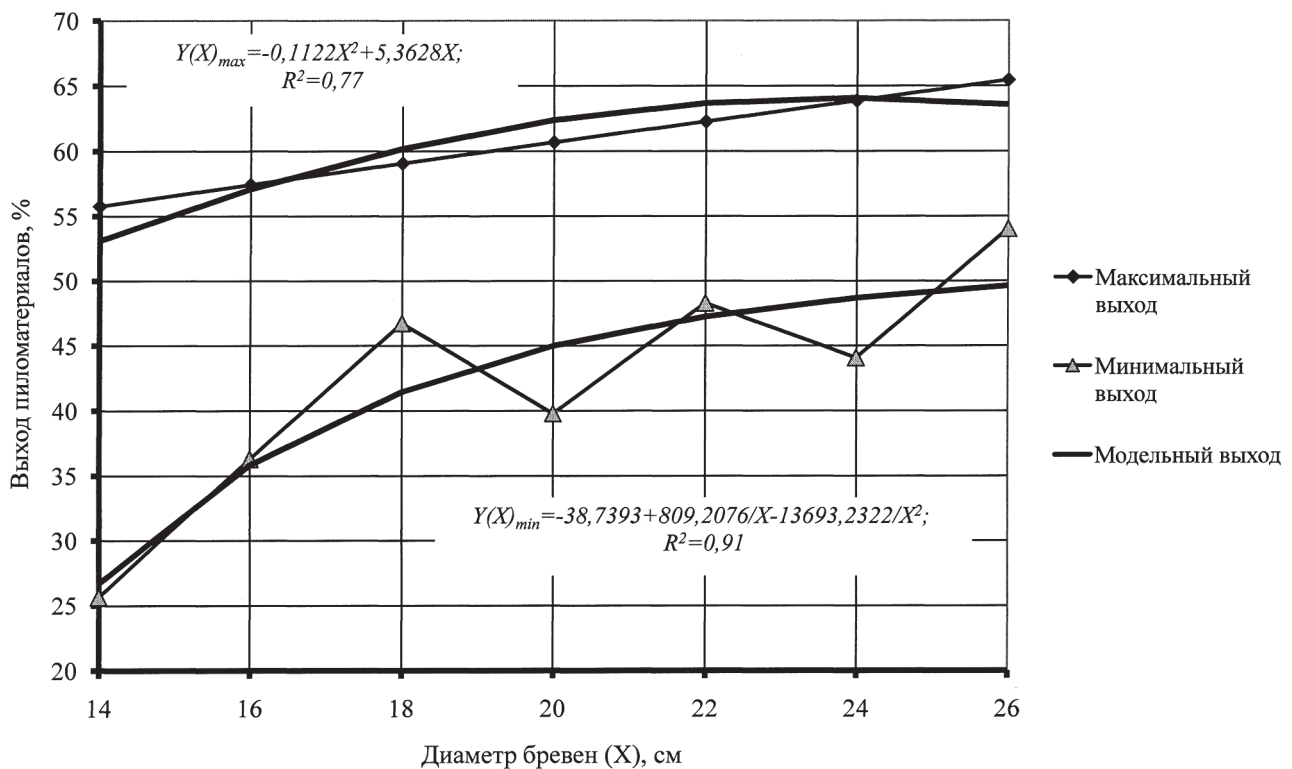


Рис. 2. Влияние структуры поставок, диаметра и длины бревен на выход пиломатериалов (длина бревен 4,0– 6,5 м)

ветствовало встречаемости сырьевых групп бревен по диаметрам и длинам, определенной по годовым ведомостям распиловок, а также по применяемым поставкам и заказам потребителей на пилопродукцию. Потери выхода по всем распиловкам оказались в основном на том же уровне, что и на первой распиловке, но с некоторыми отклонениями в зависимости от параметров распиливаемого сырья.

Для определения расхода древесины по статьям баланса на основе ведомостей раскроя бревен за предыдущий год было отображено 150 поставок, применяемых на предпри-

ятии для выполнения заказов потребителей пилопродукции. Фактически рассчитано 900 поставок. Каждый из этих поставок был рассчитан на ЭВМ по комплексной программе для получения показателей по всем статьям баланса из бревен каждого четного диаметра и каждой длины в пределах от 4,0 до 6,5 м градацией 0,5 м. Из этой системы выбраны поставки, обеспечивающие максимальный и минимальный выход пиломатериалов с учетом всех показателей расхода древесины, включая щепу, отсев щепы, опилки и безвозвратные потери [5, 6]. Вспомогательные пока-

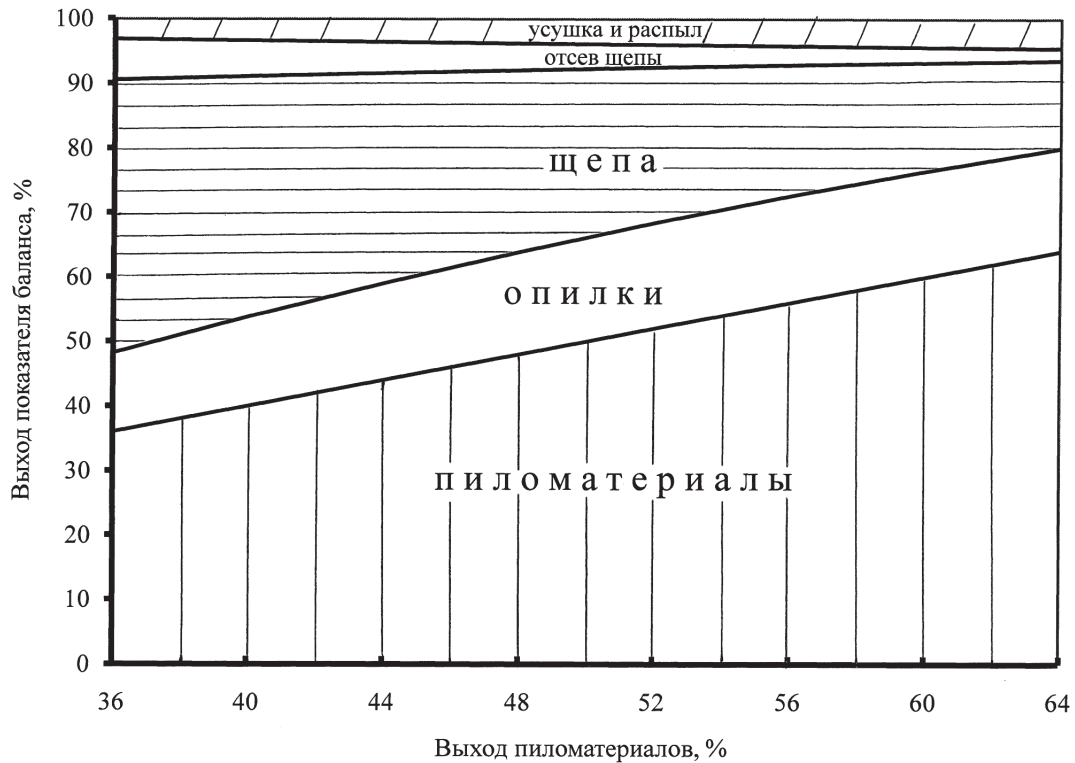


Рис. 3. Универсальный баланс расхода древесины

затели рассчитаны в зависимости от выхода пиломатериалов. Границы изменения выхода пиломатериалов можно видеть на рис. 2.

Для расчета выхода щепы, опилок, отсева щепы, потерь на усушку выведены следующие регрессионные зависимости каждого из этих компонентов от выхода пиломатериалов, %

$$Y_1 = 6259,4712 - 174,292 \cdot X + 1,2458 \cdot X^2, \quad R^2 = 0,9881; \quad (6)$$

$$Y_2 = 9,4678 + 603,791/X - 13740,1973/X^2, \quad R^2 = 0,4278; \quad (7)$$

$$Y_3 = -5,9162 + 631,25555/X - 7297,0805/X^2, \quad R^2 = 0,9867; \quad (8)$$

$$Y_4 = 6,8681 - 259,5262/X + 3210,6992/X^2, \quad R^2 = 0,9802, \quad (9)$$

где Y_1, Y_2, Y_3 – выход щепы, опилок и отсев щепы соответственно, %;

Y_4 – потери древесины на усушку, %;

X – выход пиломатериалов, %.

Значения показателей, рассчитываемых по формулам (6–9), отражены на рис. 3. Баланс назван универсальным, т.к. достигнутый на предприятии за любой календарный срок выход пиломатериалов в указанных на рисунке пределах, можно найти на горизонтальной оси. Это позволит по вертикали от

этой точки определять искомую структуру баланса расхода древесины на опилки, щепу и другие компоненты.

Проведенные исследования показали, что распиловка несортированных бревен, когда одним поставом распиливают бревна 4-х, 6-ти и более четных диаметров, приводит к существенным потерям выхода пиломатериалов и соответственно к увеличению затрат пиловочного сырья на единицу вырабатываемой пилопродукции, характеризующих ее повышенную ресурсоемкость. При выработке каждых 100 тыс. м³ пиломатериалов перерасход пиловочных бревен может достигать до 20 000 м³, стоимость которых может превышать 20 млн руб. Учитывая и дополнительные потери выхода пилопродукции в количестве более 4–5 %, получаемые от переработки низкосортных и даже дровяных бревен, предприятия в таких условиях могут функционировать только на грани финансового риска и дотаций. При существующем положении одной из мер для сокращения потерь выхода пиломатериалов является снижение диапазона диаметров несортированных бревен при условии правильного выбора их поставного диаметра и самого поставки во всем диапазо-

не, при условии, что в составе распиливаемого сырья наибольшей будет доля поставных бревен.

Но устойчивую перспективу развития ЛПК Сибири может обеспечить только значительное сокращение или полное исключение экспорта наиболее ценной древесины в круглом виде. В настоящее время на внешних рынках цена высококачественных пиломатериалов в 5–6 раз и более превышает цены на пиловочное сырье. Поэтому заготовка качественного пиловочного сырья не для экспортных целей, а на собственные нужды страны обеспечит значительный рост валютного потенциала, необходимого для развития и совершенствования процессов лесопильного комплекса Сибири. В настоящее время у нас успешно идет борьба с незаконными частными рубками лесных насаждений, ущерб от которых исчисляется миллионами рублей. А ущерб, который фактически имеет место, когда свои лесозаготовители в целях выживания вынуждены осуществлять в ценных древостоях «рубки в законе» для экспорта высококачественной круглой древесины, почему-то не подсчитывается.

Библиографический список

1. Ветшева, В.Ф. Совершенствование организации раскряга бревен на лесопильных предприятиях / В.Ф. Ветшева, А.Н. Сычев // Проблемы химико-лесного комплекса : сб. тез. докладов студентов и молодых ученых. – Красноярск : СибГТУ, 1998. – С. 102.
2. Ветшева, В.Ф. Влияние длины бревен на расход древесины в лесопилении / В.Ф. Ветшева, А.Н. Сычев // Проблемы химико-лесного комплекса : сб. тез. докладов студентов и молодых ученых. – Красноярск : СибГТУ, 1998. – С. 89.
3. Ветшева, В.Ф. Исследование влияния непоставной подачи бревен на расход древесины / В.Ф. Ветшева, О.Г. Семкин, А.Н. Сычев // Проблемы химико-лесного комплекса : сб. тез. докладов студентов и молодых ученых. – Красноярск : СибГТУ, 1997. – Ч. 1. – С. 88.
4. Ветшева, В.Ф. Комплексный расчет поставов на ЭВМ / В.Ф. Ветшева, С.А. Черепанова. – Лесосибирск, 1995. – 15 с.
5. Ветшева, В.Ф. Совершенствование нормирования расхода древесины в производстве пиломатериалов / В.Ф. Ветшева, С.А. Черепанова // «Деревообрабатывающая пром-сть». – М., 1997. – № 1. – С. 12–14.
6. Ветшева, В.Ф. Критерии рациональности поставов при комплексной переработке круглых лесоматериалов / В.Ф. Ветшева // «Деревообрабатывающая пром-сть». – М., 2001. – № 5. – С. 9–11.

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ПУТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ НА ПРИМЕРЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

К.П. РУКОМОЙНИКОВ, доц. МарГТУ, канд. техн. наук,
С.Е. АНИСИМОВ, доц. МарГТУ, канд. техн. наук

rukomojnikovkp@marstu.net, anisimovse@marstu.net

Летом 2011 г. научным коллективом ФГБОУ ВПО МарГТУ выполнена научно-исследовательская работа в рамках контракта с департаментом ЛПК Минпромэнерго Республики Коми по теме: «Количественная и качественная оценка ресурсов древесных отходов лесопромышленных предприятий, рекомендуемые технологии их утилизации с максимально возможным теплоэнергетическим направлением использования. Анализ существующих и рекомендуемых промышленных котельных установок, работающих на древесных отходах, их экономическая эф-

фективность и рекомендации по применению на территориях муниципальных образований в Республике Коми».

В ходе выполнения работы составлена методическая схема качественно-количественной оценки образования древесных отходов в рамках муниципального района, рассмотрены различные варианты направлений теплоэнергетического использования древесных отходов, проведена качественно-количественная оценка образования древесных отходов в рамках МОМР «Усть-Куломский», проанализирована характеристика тепло-

снабжения района, внесены предложения по использованию древесных отходов на территории МОМР «Усть-Куломский» и мерам регионального стимулирования использования древесных отходов в Республике Коми.

В рамках темы составлены программы в *MS Excel* для проведения укрупненного расчета объема остающейся на лесосеке фитомассы древостоя и отходов лесосечных работ, пригодных к использованию, а также для обоснования потребности котельных в различных видах топлива.

Функционирование деревообрабатывающих предприятий Усть-Куломского района, даже несмотря на выпуск ограниченного ассортимента продукции (в основном пиломатериалов), сопровождается получением значительного объема отходов виде кусковых отходов и опилок. Объемы отходов лесопиления большинства деревообрабатывающих предприятий района составляют около 50 % от объема, поступающего в обработку сырья. В частности, огромные объемы отходов деревообработки расположены на территории предприятия ИП «Белый» (рис. 1), ООО «Комилесбизнес», ООО «Оптима Лес» и ряде других предприятий.

Руководители предприятий озабочены не столько возможностью реализации полученных отходов, сколько необходимостью их утилизации. Отходы деревообработки реализуются местному населению в качестве дров для отопления помещений, коммунальным службам в качестве топлива для коммунальных котельных на территории МО МР «Усть-Куломский», но потребляемые ими объемы отходов не могут исправить сложившуюся ситуацию. Большинство котельных в районе используют для работы в качестве топлива мазут и уголь. По этой же причине не дает ощутимого эффекта попытка ООО «ДЕКО (Технолес)» организовать производство топливных брикетов из полученных древесных отходов. Несмотря на реализацию продукции практически по себестоимости, рынок сбыта продукции является недостаточным и не дает в полной мере развить это направление использования отходов. В настоящее время наиболее приемлемыми, с точки зрения руко-

водителей деревообрабатывающих предприятий района, вариантами утилизации отходов деревообработки в районе являются закапывание их в землю либо сбор в кучи и сжигание. Но, несмотря на все усилия, объемы неуполученных отходов продолжают расти, а все используемые варианты их уничтожения требуют дополнительных финансовых затрат, ухудшают экологию района и могут привести к возникновению неконтролируемых очагов возгорания.

Учитывая проведенный анализ изменения объемов лесопиления в районе и выявленные ежегодные тенденции к увеличению объемов производства пиломатериалов, а следовательно, объемов отходов лесозаготовки и деревообработки, делаем вывод о необходимости принятия срочных решений по поиску вариантов использования или утилизации накапливаемых на территории района отходов [1, 2].

Кроме этого, есть еще и проблема с топливом. Проведенный анализ котельных показывает, что в настоящее время значительная часть котельных в Усть-Куломском районе работает на угле и мазуте, которые приходится везти до потребителей сотни километров. А свои ресурсы просто-напросто гниют! Для того чтобы привести энергетическое хозяйство муниципалитетов в приемлемое техническое состояние, увеличить эффективность их работы, нельзя обойтись без значительного обновления парка оборудования, и в первую очередь котлов. Как показал проведенный анализ, большинство используемых в Усть-Куломском районе котлов уже устарели не только физически, но и морально, их обслуживание обходится недопустимо дорого. Естественно, что в подобной ситуации ощущается дефицит энергии. А если уж придется менять котлы, то есть смысл подумать и переориентироваться на местное топливо.

В Усть-Куломском районе слабо используется имеющийся потенциал использования древесины в качестве энергетического топлива. При этом основное количество древесины сжигается в печах населением и на различных муниципальных объектах. На фоне постоянного увеличения стоимости вырабатываемой тепловой энергии при исполь-



Рис. 1. Объемы еженедельного получения опилок в результате функционирования предприятия ИП «Белый»

Обоснование перевода котельной на древесное топливо (к отчету N) - Microsoft Excel

Исходные данные			
Присоединенная к котельной нагрузка, Гкал/ч		0,6	
Отопительный сезон, дней		270	
Вид топлива существующий	Цена (руб./т)		
каменный уголь	-	3800	
Вид топлива проектируемый	Цена (руб./т)		
щепа	-	900	
Результат			
Критерий эффективности перевода котельной на другой вид топлива	-	1,877	Перевод рекомендуется
Экономия (убыток), руб./т	-	788,85	Экономия!
Экономия (убыток), руб./год	-	1278041,239	

Рис. 2. Программа для обоснования перевода котельной с ископаемого топлива на древесное

зовании традиционных видов топлива напрашивается вывод о необходимости нового комплексного решения в области технологии производства тепла в районе. Таким решением может стать использование в качестве альтернативного топлива отходов лесопереработки [3], которые в настоящий момент используются очень ограниченно, а свалки этих отходов все больше становятся серьезной экологической проблемой.

Для модернизированных котельных в качестве топлива предлагается использовать древесные отходы, которые уже имеются на местных лесоперерабатывающих предприятиях [4, 5]. Их не требуется завозить из других регионов. При сжигании древесины с низкой влажностью и зольностью эффективность работы топочного оборудования – как по производительности, так и по КПД – приближается к эффективности котлоагрегатов, работающих на каменном угле. Внедрение усовершенствованных технологий переработки опилок и древесных отходов может сделать деревообрабатывающее производство безотходным и экологически чистым. Тем самым местные лесоперерабатывающие предприятия будут решать для себя проблему по утилизации отходов.

Например, уже сейчас готовность поставки отходов лесопиления в котельную в с. Помоздино при переводе ее на древесное топливо в виде щепы выразили наиболее крупные деревообрабатывающие предприятия района: ООО «Комилесбизнес», ООО «Оптим Лес». В переводе центральной котельной в пст. Югыдъяг на отходы деревообработки заинтересовано предприятие ИП «Белый В.В.» на территории которого уже накоплены огромные объемы данного вида топлива. Объемы поставок, которые могут обеспечить данные предприятия, в несколько раз перекрывают потребность в топливе вышеназванных котельных. Значительные резервы образующихся в лесу отходов лесозаготовительного производства могут быть использованы при необходимости увеличения объемов производимого древесного топлива [6].

В Республике Коми изготовлением современных котельных агрегатов, работаю-

щих на древесном топливе, занимается ООО «Научно-производственная компания «Технополис» (г. Сыктывкар). В настоящее время выпускаются котлы серии 50 кВт (теплопроизводительность 20, 50 и 70 кВт), а также налаживается серийный выпуск котлов серии 500 кВт (200, 500 и 1000 кВт). Котлы серии 50 кВт работают в режиме одноразовой загрузки, в режиме длительного горения; подача топлива в топку производится вручную. Котлы серии 500 кВт автоматизированы. Для обеспечения эффективной работы котлоагрегатов необходимо использовать дрова влажностью не более 30 %, которую древесина приобретает после естественной сушки в течение 1–1,5 лет.

Одним из объектов, где используются котлы ООО «НПК «Технополис»», является школа в поселке Кузьель Койгородского района. Замена старых котлов на угле на два котла мощностью 70 кВт и тепловых сетей была проведена в 2004 г. Эксплуатация данных котлов показала его высокую эффективность, надежность и производительность.

Реализация мероприятий по переводу котельных на древесное топливо позволит не только уменьшить энергопотребление и повысить качество теплоснабжения, а также получать экологический и экономический эффекты. За счет внедрения энергосберегающих мероприятий сокращаются выбросы вредных веществ в атмосферу.

В рамках работы над проектом составлена программа обоснования потребности котельных в различных видах топлива.

На примере центральной котельной с. Помоздино видно, что при переводе котельной с каменного угля на щепу требуется 4235 м³ за отапливаемый период. Обосновывая качественно-количественные характеристики древесных отходов в рамках МОМР «Усть-Куломский» можно сделать вывод, что только лишь ООО «Комилесбизнес» и ООО «Оптим Лес», являющиеся ближайшими поставщиками древесного сырья (суммарные объемы отходов которых составили в предыдущий год 6282,3+3664,6=9946,9 м³ и из года в год продолжают расти), полностью обеспечат потребность в древесном топливе данной котельной.

Аналогичные расчеты проведены для остальных котельных и найдены близрасположенные поставщики древесного топлива.

Современные цены приобретения ископаемого топлива весьма различаются в зависимости от региона, дальности доставки, поставщика, объемов и длительности сроков поставки и т.д. Кроме того, эти цены колеблются во времени, и изменения их иногда так интенсивны и резки, что вызывают потрясения мировой экономики. Заключение об эффективности энергетического использования древесины справедливы не вообще, а для конкретных экономических условий [7, 8].

Нами составлена программа в среде *MS Excel*, которая позволяет определить целесообразность перевода котельной с ископаемого топлива на древесное и рассчитать экономию (убыток) от замены мазута или каменного угля топливом, произведенным из древесных отходов, для условий конкретной котельной.

Исходными данными является цена заменяемого ископаемого топлива и цена (себестоимость) древесного топлива (рис. 2). Результатом расчета является критерий эффективности перевода котельной с ископаемого топлива на древесное с экономией на один м³ древесного топлива.

Расчеты адаптированы для условий МО МР «Усть-Куломский» Республики Коми. Применение данной программы позволит проводить предварительные расчеты при принятии решения о переводе котельной на древесное топливо.

Произведем оценку целесообразности перевода котельной с каменного угля на древесное топливо на примере котельной с. Помоздино. В отопительном сезоне 2010–2011 гг. цена каменного угля для котельной с. Помоздино с учетом доставки составила 3800 руб.

Анализ рынка древесного топлива Усть-Куломского района позволяет сделать вывод, что в сложившихся условиях использование топливных брикетов и пеллет нецелесообразно. Расчеты показывают, что производство брикетов в этих условиях эффективно лишь при их цене не более 2850 руб./т, топливных пеллет при цене не более 3000 руб./т.,

щепы и дров при их цене не более 1680 руб./т. Экономические расчеты эффективности организации производства пеллет и брикетов свидетельствуют, что реализация произведенной продукции по таким ценам экономически не целесообразна. Таким образом, использование древесного топлива в районе эффективно лишь в виде дров и топливной щепы.

Основные факторы, обуславливающие целесообразность замены угольных котельных на котельные, использующие щепу в качестве топлива.

a) Технические факторы:

– значительный износ котельной, делающий нецелесообразным дальнейшее ее использование;

– недостаточная мощность котельной, не гарантирующая обеспечение всех потребителей тепловой энергией в периоды значительного понижения температуры окружающей среды либо не дающая возможности увеличения присоединенной к котельной нагрузки.

b) Экологические факторы:

– наличие вблизи котельной источника образования значительного объема отходов деревообрабатывающей промышленности, требующих утилизации и создающих угрозу окружающей природной среде.

c) Экономические факторы:

– наличие вблизи котельной одного или нескольких крупных деревообрабатывающих предприятий, готовых осуществлять переработку отходов лесопиления на щепу и гарантирующих постоянное, бесперебойное удовлетворение потребности котельной в щепе в полном объеме и в течение всего периода функционирования;

– стоимость щепы с учетом ее доставки до котельной должна быть экономически выгодна как для продавца, так и для потребителя (котельной), т.е. соответствует критерию экономической эффективности перевода котельных с ископаемого топлива на щепу.

Проведенный анализ котельных и деревообрабатывающих предприятий Усть-Куломского района позволил выявить целесообразность замены на первом этапе ряда котельных и перевода их на древесное топ-

Анализ удовлетворения котельных в щепе при переводе их с ископаемого топлива на щепу

Наименование поселения, в котором перевод существующей котельной на древесное топливо в виде щепы признан целесообразным	Существующая присоединенная нагрузка, Гкал/ч	Проектная присоединенная нагрузка с учетом перспективы увеличения тепловой нагрузки и потерь тепла в трубопроводе, Гкал/ч	Годовая потребность котельных в щепе с учетом перспективы увеличения тепловой нагрузки и потерь тепла в трубопроводе, т	Наиболее вероятные поставщики древесного топлива и их возможные объемы производства щепы по результатам производственной деятельности в 2010 г., т	Удовлетворение потребности котельных в щепе, %
пст. Югдыяг	0,72	0,95	2565	ИП «Белый В.В» (8363 т)	126
с. Усть-Нем	0,12	0,95	2565		
с. Мыелдино	0,45	0,59	1512		
с. Деревянск	0,64	0,84	2268	ООО «ДЕКО (Технолес)» (4244 т)	110
с. Дон	0,226	0,3	810		
пст.Паспом	0,23	0,30	810		
с. Помоздино	1,33	1,76	4752	ООО «Комилесбизнес», ООО «Помоздинский лесхоз», ООО «Оптималес» (9977 т)	157
с. Пожег	0,45	0,59	1593		
Итого			17793	22585	127

ливо в виде щепы согласно перечисленным факторам.

а) С учетом технических факторов:

– целесообразна замена котельных в с.с. Деревянск (по причине износа 65 %), Н.Воч (по причине износа 60 %), Мыелдино (по причине износа 80 %), пст.Паспом (по причине износа 70 %);

– наиболее загруженными и не дающими возможности значительного увеличения присоединенной к котельным нагрузки (с учетом КПД котлов и их износа) являются котельные в с.с. Мыелдино, Деревянск, Помоздино. Данное замечание само по себе в отдельности не свидетельствует о необходимости срочной замены котельного оборудования в с. Помоздино, так как износ котельной лишь 35 %, но с учетом выявленных ниже факторов является серьезным основанием для более детального анализа возможности ее перевода на другой вид топлива.

б) С учетом эколого-экономических факторов:

– огромные объемы отходов постоянно накапливаются и требуют обязательной утилизации вблизи п.Югдыяг, д.Пузла, п.Ягкодж. Руководство предприятий, расположенных в данных поселениях, готово осу-

ществлять производство щепы и ее доставку по приемлемым ценам до котельных, что будет способствовать повышению котельными, которые более других экономически заинтересованы в использовании расположенных поблизости источников сырья для производства тепловой энергии являются котельные в следующих поселениях: в п. Югдыяг, с.с. Усть-Нем, Мыелдино, Дон (для перечисленных котельных наиболее целесообразно использование щепы, поставляемой предприятиями ИП «Белый В.В.», ООО «ДЕКО (Технолес)»); в с.с. Помоздино, Пожег (для перечисленных котельных наиболее целесообразно использование щепы, поставляемой предприятиями ООО «Комилесбизнес», ООО «Помоздинский лесхоз», ООО «Оптималес»).

С учетом выявленных выше факторов можно сделать вывод о целесообразности полной замены котельного оборудования в с.с.Мыелдино, Н.Воч, Деревянск, пст.Паспом (рис. 3) в связи с тем, что перечисленные котельные имеют значительный накопленный износ котельного оборудования. Изношенность котельного оборудования в п.Югдыяг, с.Усть-Нем, составляющая 50 %, также делает нецелесообразными попытки лишь час-

**Карта – схема расположения котельных
Усть – Куломского филиала ОАО «Коми тепловая компания»
(26 котельных)**

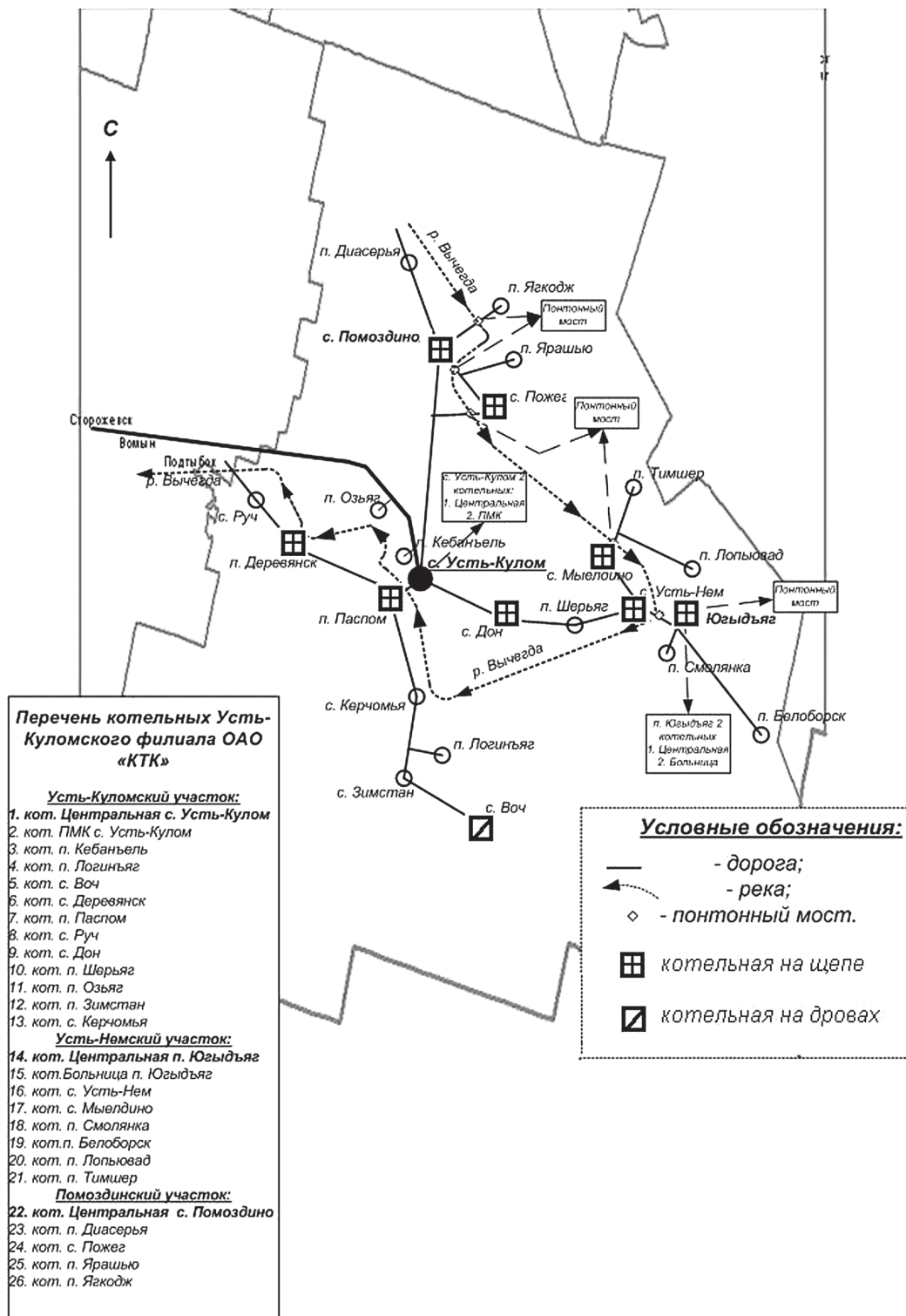


Рис. 3. Карта-схема размещения котельных, рекомендуемых для перевода на древесное топливо (щепы, дрова)

точной модернизации данных котельных при переводе их на щепу. Котельная в с. Помоздино хотя и не имеет значительного износа ко-

тельного оборудования, но, как показали проведенные ранее исследования, не может быть частично модернизирована при переводе ее

на щепу в связи высоким коэффициентом ее использования, выявленным низким КПД котельного оборудования и неизбежной потерей мощности при переводе на древесное топливо, что в конечном итоге не даст возможности обеспечения тепловой энергией всех присоединенных к ней потребителей. Котельные в с.с. Пожег и Дон требуют детального сравнительного экономического анализа затрат на частичную модернизацию котельной и затрат на ее замену, не являющегося целью настоящего исследования.

Для окончательного решения о возможности перевода вышеперечисленных котельных на щепу определим потребность данных котельных в щепе с учетом существующей присоединенной к ним тепловой нагрузки и возможности ее увеличения. Для расчета используем предложенную программу обоснования потребности котельных в различных видах топлива. Полученные результаты занесены в табл. 1.

Село Н. Воч расположено вдали от крупных деревообрабатывающих предприятий, выразивших заинтересованность в установке рубительных машин для производства щепы. В связи с этим целесообразен перевод данной котельной на дрова.

Применение котельных установок, работающих на местном древесном топливе, позволит:

- значительно повысить эффективность децентрализованного теплоснабжения;
- уменьшить вредное экологическое воздействие на окружающую среду;
- сократить бюджетные расходы на приобретение и доставку угля;
- повысить эффективность лесозаготовительного и деревообрабатывающего производства в районе за счет использования отходов и некондиционной древесины.

Ввиду выявленной эффективности использования отходов лесопромышленного производства в качестве щепы и дров в дальнейших исследованиях творческого коллектива основной упор сделан на развитие технических и технологических решений, связанных с получением этого вида топлива при поиске вариантов организации проведе-

ния комплексного освоения участков лесного фонда.

В настоящее время рассмотренные в статье материалы положены в основу новых исследований по использованию отходов лесосечных работ при проведении комплексного освоения участков лесного фонда на территории других районов РФ в рамках научно-исследовательской деятельности ФГБОУ ВПО «Марийский государственный технический университет» по заданию Министерства образования и науки РФ в 2012 г. № 7.1846.2011. по теме «Разработка основных технико-технологических подходов к внедрению и реализации промышленной технологии освоения лесных участков на базе комплексного решения задач технологического процесса лесосечно-лесовосстановительных работ с совмещенным лесовосстановлением».

Библиографический список

1. Суханов, В.С. Роль биоэнергетики в повышении эффективности работы лесопромышленного комплекса России / В.С. Суханов // Вестник МГУЛ–Лесной вестник. – М. : МГУЛ. – 2010. – № 4. – С. 5.
2. Головкин, С.И. Энергетическое использование древесных отходов / С.И. Головкин, И.Ф. Коперин, В.И. Найденев – М.: Лесн. пром-сть, 1987 – 224 с.
3. Чемоданов, А.Н. Лес и лесопродукция. Справочные материалы / А.Н. Чемоданов, Е.М. Царев. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002 – 304 с.
4. Левин, А.Б. Энергетический потенциал топливного ресурса лесной биоэнергетики РФ / А.Б. Левин, В.С. Суханов, Д.В. Шереметьев // Вестник МГУЛ–Лесной вестник. – М.: МГУЛ, 2010. – № 4 – С. 37.
5. Алексеева, Л.В. Образование и оценка объемов отходов в лесопилении / Л.В. Алексеева, А.Н. Деснев // Вестник МГУЛ–Лесной вестник. – М.: МГУЛ, 2010. – № 4 – С. 51.
6. Холодков, В.С. Определение ресурсов древесного топлива, образующихся при рубках главного пользования / В.С. Холодков // Вестник МАНЭБ. – Том. 13. – № 2. – СПб.: СПбГЛТА, 2008. – С. 63–67.
7. Пэй Яньчао. Экономическое обоснование энергетического использования вторичных древесных ресурсов: дисс. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Пэй Яньчао.– СПб., 2006.
8. Скрипкина, Л.Е. Методические подходы к оценке перспектив использования местных возобновляемых природных энергоресурсов в системе энергообеспечения региона (На примере Новгородской области): дисс. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Л.Е. Скрипкина. – Великий Новгород, 2006. – 162 с. РГБ ОД, 61:06–8/2002.

ВЛИЯНИЕ НАНО-МИКРОКОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ПРОДУКТОВ РАСПАДА ТЕРМОЛИЗИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ

А.Н. ИВАНКИН, *проф., зав. кафедрой химии и биотехнологии МГУЛ, д-р хим. наук,*
В.А. БЕЛЯКОВ, *доц., зав. кафедрой стандартизации и сертификации МГУЛ, канд. техн. наук,*

Н.Л. ВОСТРИКОВА, *зав. лаб. науч.-метод. работ ВНИИМП им. В.М. Горбатова РАСХН, канд. техн. наук,*

А.В. КУЛИКОВСКИЙ, *асп. ВНИИМП им. В.М. Горбатова РАСХН,*

Л.М. ЛИХАНОВА, *ст. преподаватель кафедры стандартизации и сертификации МГУЛ*

aivankin@inbox.ru, 89166914260@mail.ru, nvostrikova@list.ru

Глубокая переработка древесины используется в технологиях получения продукции пищевого, фармацевтического и медицинского назначения [1]. Традиционным является применение термолиза древесины для производства продуктов копчения. Деградация древесины лиственных пород при нагревании в условиях недостатка кислорода приводит к образованию копильного дыма, в составе которого содержатся вещества распадающейся древесины, часть из которых обладает небезопасными свойствами [2]. Попадая в копченую пищевую продукцию, дымные компоненты тлеющей древесины придают ей характерный приятный привкус, однако при этом образуются также вещества пиролиза, вызывая в продуктах повышенное содержание вредных примесей, прежде всего полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) [3].

Жесткий контроль за содержанием ПАУ является очень важным, так как онкология, наряду с сердечно-сосудистыми заболеваниями и диабетом, занимает сегодня первое место по опасности для человека. В Российской Федерации нормируется только один представитель данной группы – бенз[*a*]пирен, ПДК которого составляет для пищевой продукции 0,001 мг/кг, для питьевой воды 0,6 мкг/кг [6].

Для определения ПАУ используются хроматографические методы. Особенности химического строения ПАУ из продуктов распада древесины обуславливают их высокую чувствительность в анализе с флуоресцентным детектором по сравнению с другими диодно-матричными или спектрофотомет-

рическими детекторами [8, 9]. Представляло интерес оценить влияние условий формирования компонентов дымных композиций на содержание полного перечня опасных ПАУ в копченых продуктах.

Задача данного исследования заключалась в оценке влияния дымных компонентов распада древесины на безопасный уровень содержания ароматики в копченой пищевой продукции.

Термическое разложение древесины проводили, нагревая древесные опилки разных пород при 200–700°C с последующей обработкой полученной дымной фракцией пищевого продукта в течение 1 – 24 ч.

Анализ ПАУ проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на хроматографе *Ultimate 3000 (Dionex)* с флуоресцентным детектором *RF2000 (Dionex)* и колонкой *Supelco LC-PAH, 150x4.6мм, 5мкм*. Подготовка проб заключалась в экстракции ПАУ циклогексаном, дважды по 50 мл, промывке экстракта последовательно 50 мл деионизованной воды и 50 мл 50 %-го водного метанола. К промытому экстракту добавляли 50 мл смеси 9:1 *N,N*-диметилформамид – вода, отделяя нижний диметилформамидный слой, к которому добавляли 50 мл 1 % раствора хлорида натрия и 75 мл циклогексана. Верхний циклогексановый слой фильтровали через безводный сульфат натрия в круглодонную колбу и выпаривали досуха на ротационном испарителе. Сухой остаток растворяли в 3 мл циклогексана и доочищали твердофазной экстракцией (ТФЭ) на силикагеле. Патрон для твердофазной экстра-

Образование ПАУ при термической обработке древесины

Наименование	Содержание ПАУ в термолизированной древесине, мкг/кг			
	Орех лесной	Бук	Яблоня	Вишня
Циклопента[с, d]пирен	18,66	9,75	1,6	1,05
Бенз[а]антрацен	9,03	0,24	0,54	0,77
Хризен	53,24	2,47	7,25	2,37
5-метилхризен	102,36	2,77	2,12	7,34
Бенз[j]флуорантен	47,67	2,2	3,81	1,87
Бенз[b]флуорантен	1,09	1,24	1,21	0,06
Бенз[k]флуорантен	0,98	0,35	0,77	0,1
Бенз[а]пирен	7,2	0,21	0,17	0,38
Дибензо[а, l]пирен	1,62	0,35	0,08	0,02
Дибенз[а, h]антрацен	2,45	0,54	0,20	0,24
Бенз[g, h, i]перилен	6,57	0,03	0,37	1,32
Инден[1,2,3- cd]пирен	1,2	0,2	0,1	0,12
Дибенз[а, e]пирен	9,56	0,72	1,67	0,45
Дибенз[а, i]пирен	3,24	0	0,57	0
Дибенз[а, h]пирен	35,6	0	8,29	1,12
Всего	300,47	21,07	28,75	17,21

Содержание пятнадцати наиболее опасных ПАУ в копченой свинине в зависимости от температуры копчения

ПАУ	Относительная опасность	Содержание ПАУ, мкг/кг		
		250°C	350 °C	600 °C
Бенз [а] антрацен	0,01–0,15	2,75	2,90	3,01
Бенз [b] флуорантен	0,08–0,12	0,48	0,60	0,66
Бенз [j] флуорантен	0,08–0,12	0,04	0,05	0,07
Бенз [k] флуорантен	0,004–0,05	0,12	0,14	0,16
Бенз [ghi] перилен	0,01–0,02	0,54	0,72	0,79
Бенз [а] пирен	1,0	0,47	0,59	0,66
Хризен	0,001–0,12	2,33	2,50	2,71
Дибенз [а, h] пирен	–	0,08	0,10	0,12
Дибенз [а, h] антрацен	0,7–1,11	0,17	0,20	0,22
Дибенз [а, e] пирен	–	0,46	0,60	0,64
Дибенз [а, i] пирен	–	0,04	0,05	0,06
Дибензо [а, l] пирен	–	0,02	0,03	0,04
5-метилхризен	–	0,13	0,15	0,16
Инден [1,2,3- cd] пирен	0,01–0,28	0,48	0,50	0,55
Циклопента [с, d] пирен	–	1,39	1,6	1,68

кции наполняли 200 мг сорбента (*Silica-SPE Bulk Sorbent, Agilent*), затем кондиционировали пропуская через него 5 мл циклогексана. Наносили 3 мл пробы и элюировали 15 мл циклогексана. Растворитель упаривали при 40°C досуха, сухой остаток для анализа ВЭЖХ растворяли в 500 мкл ацетонитрила.

Условия ВЭЖХ анализа: градиент элюента А – воды, за 20 мин с 40 % до 0 %, В – ацетонитрила с 60 % до 100 %, проба 20

мкл, поток 1,2 мл/мин, давление 600 – 1300 *psi*, детектирование с длиной волны поглощения λ_1 240–293 нм, излучения λ_2 376–485 нм. Использовали стандартную смесь 15 ПАУ *PAH-Mix 170 (Dr. Ehrenstrofer)*.

Образующийся пиролитический древесный дым подвергали анализу на дисперсность методом корреляционной спектроскопии на лазерной установке с системой обчета фотонов *Malvern Instruments* с фотоприем-

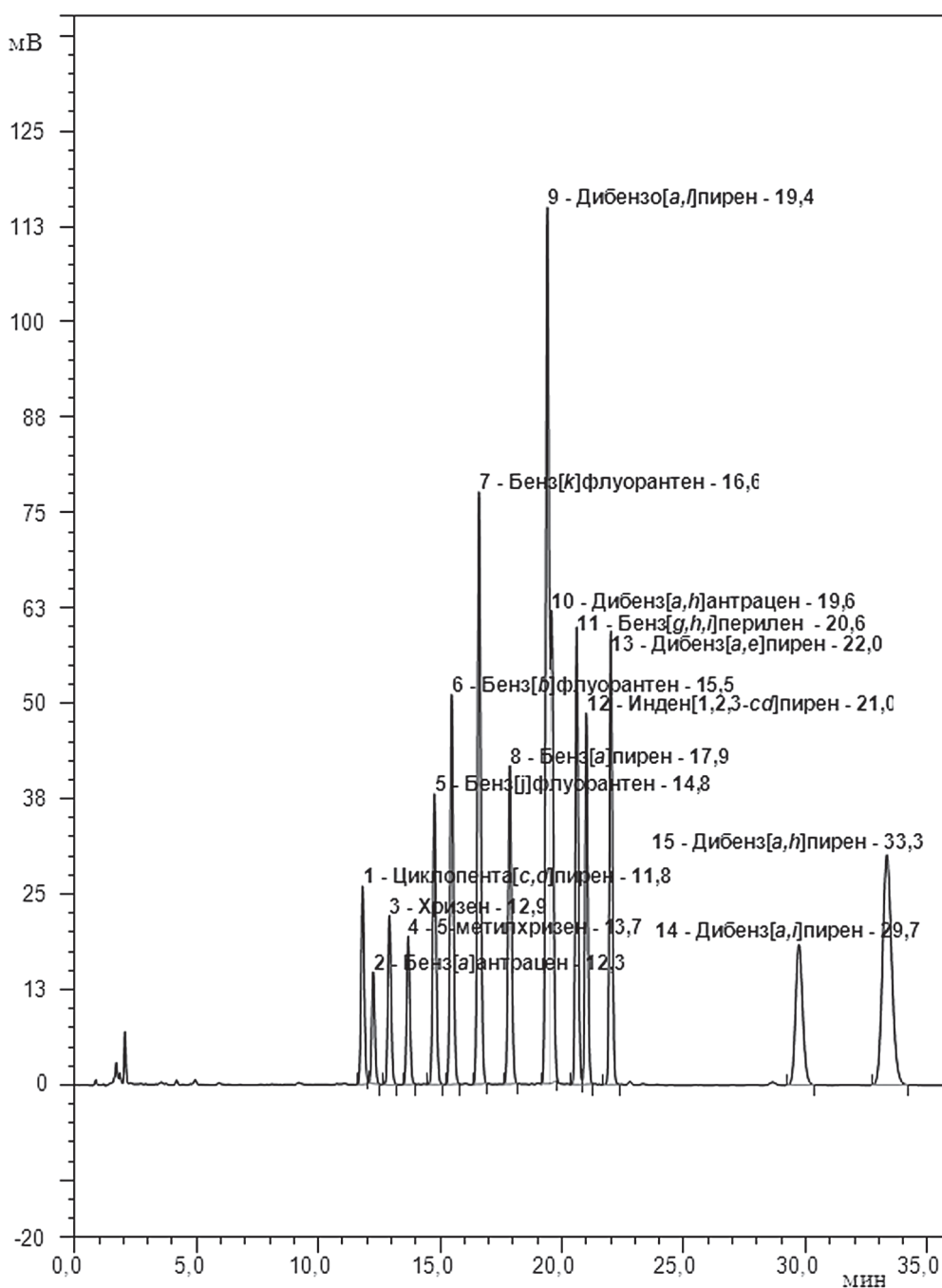


Рис. 1. Хроматограмма разделения калибровочной смеси 15 ПАУ на хроматографической колонке *Supelco LC-PAH* (150x4.6ммx5мкм). Раствор 1 нг/мл в ацетонитриле (указаны времена выхода)

ным анализирующим блоком – коррелятором *Malvern K7023* (Великобритания) [10].

В табл. 1 представлены результаты определения содержания ПАУ в пиролизной жидкости, образующейся при прогревании наиболее используемой для копчения пищевой продукции древесины в течение 20 мин при 500°C. Видно, что термическая обработка различных пород древесины приводит к образованию значительных количеств ПАУ,

которые при дымной обработке попадают через газовую фазу в массу пищевого продукта. Большое количество ПАУ, образовавшееся из древесины ореха, возможно связано с повышенным содержанием веществ хиноидной структуры, характерное для ореховых пород. Процесс нагревания древесины во времени также приводил к росту содержания ПАУ.

На рис. 1 показана хроматограмма стандартной смеси 15 ПАУ, которые необхо-

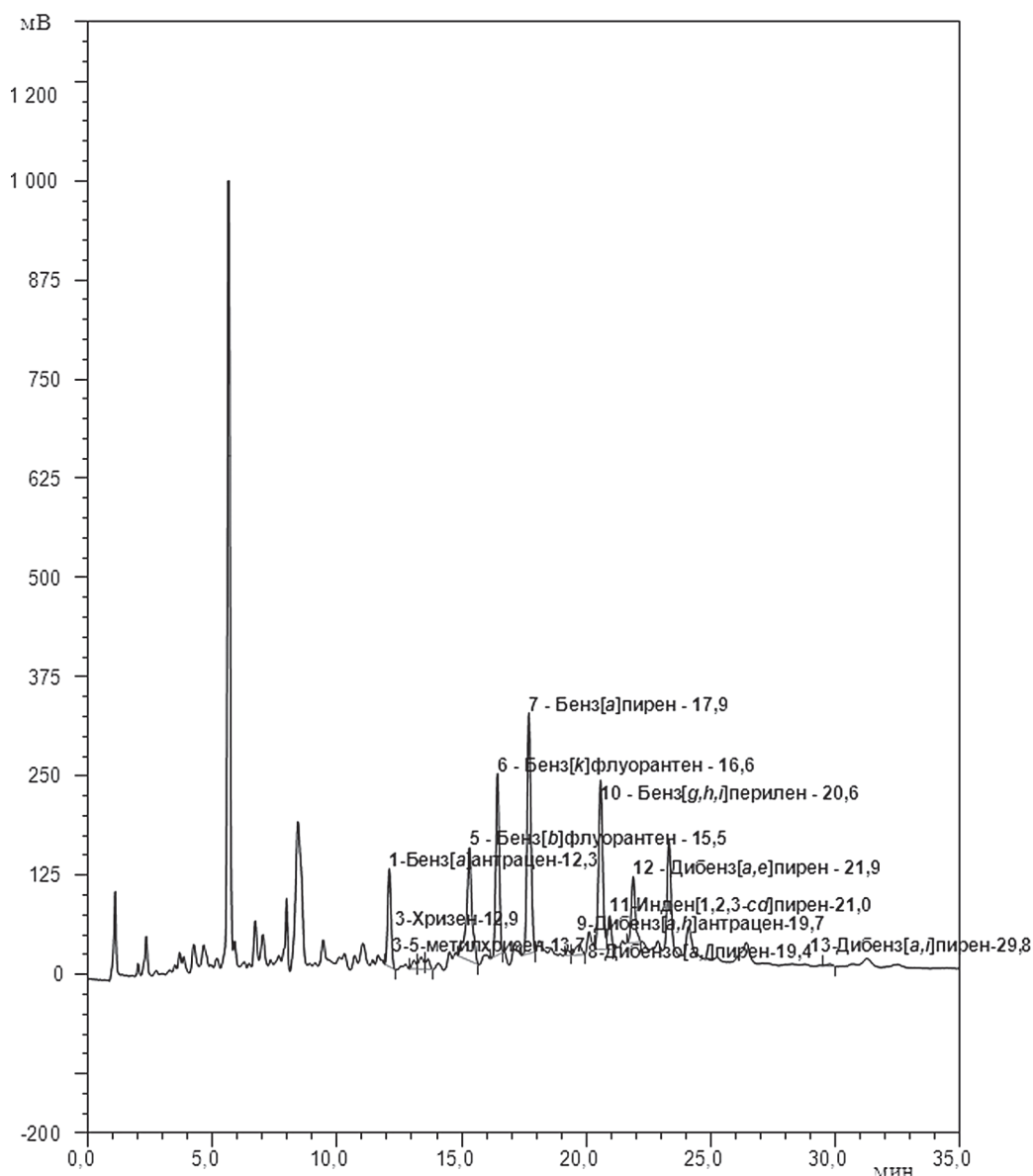


Рис. 2. Хроматограмма пробы копченого продукта после твердофазной экстракции

димо анализировать на предмет безопасности пищевой продукции, подвергаемой дымной обработке тлеющей древесиной, на рис. 2 приведена хроматограмма экстракта копченого продукта – мяса свинины. Анализ показывает, что в копченую пищевую продукцию практически при большинстве режимов копчения попадает полный спектр ПАУ, в массе которых наиболее значимую долю занимает бенз(а)пирен. Из представленных данных видно, что использованный метод анализа позволяет надежно идентифицировать полный перечень вредных ПАУ. Содержание некоторых из них, обычно не контролируемых, оказывается достаточно большим (табл. 2).

Увеличение содержания ПАУ с ростом температуры термообработки древесины и соответствующего попадания ПАУ в обрабатываемую продукцию является типичным. На рис. 3 показан рост концентрации 15 ПАУ и отдельно бензо(а)пирена в зависимости от увеличения температуры образования дыма.

Использованный метод ВЭЖХ с флуоресцентным детектором был достаточно чувствителен и позволял определять всю группу 15 ПАУ с концентрацией в анализируемой пробе значительно ниже установленных ПДК. Предел обнаружения 15 ПАУ в условиях анализа составлял для циклопента[с,д]пирена и бенз[j]флуорантена 1 нг/мл, для бенз[а]пирена

Влияние размера частиц дыма тлеющих опилок бука на образование ПАУ

Наименование	Средний диаметр дымных частиц, нм			
	1000	700	250	80
Суммарная концентрация ПАУ в дымной фазе, нг/м ³	4820	3980	3770	3640
Массовая доля бенз[а]пирена, % от суммы ПАУ	1,2	0,5	0,62	0,52

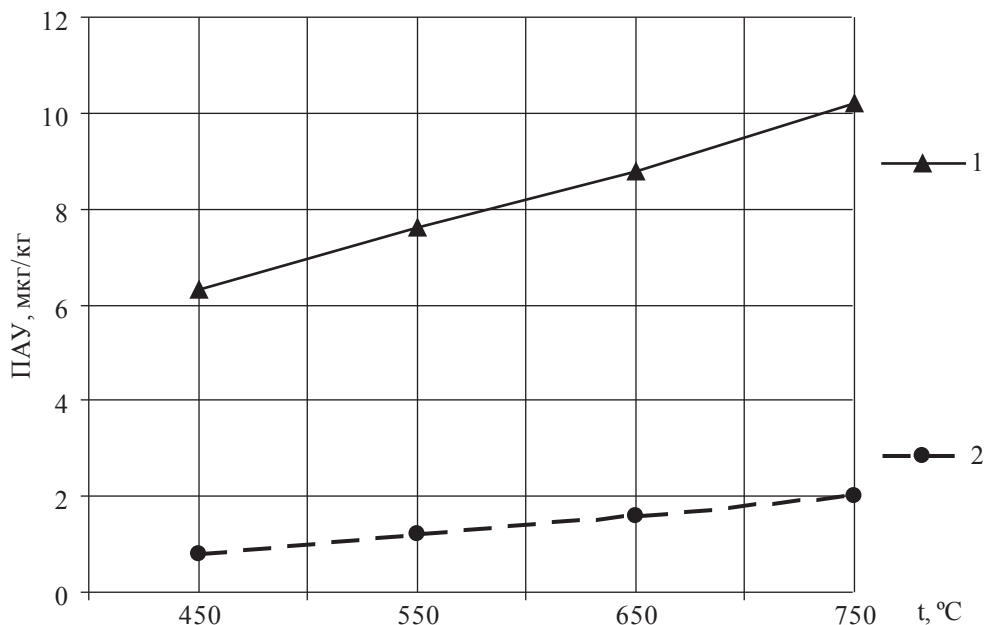


Рис. 3. Соотношение между температурой образования дыма буковой древесины и содержанием ПАУ (мкг/кг массы древесины) – 1 и бензо(а)пирена – 2

0,01 нг/мл, для остальных ПАУ 0,02 нг/мл. Степень извлечения отдельных ПАУ из матрицы анализируемого продукта варьировалась от 48,2 до 90,5 %, среднее значение степени извлечения составило 79,16 %. В качестве внутреннего стандарта использовался бензо[б]хризен.

Результаты исследований подтвердили применимость использованной методики выделения, очистки и анализа ПАУ для оценки их содержания в копченой пищевой продукции, полученной в различных условиях.

Из данных табл. 2 видно, что традиционно используемые режимы копчения позволяют получать продукцию, которая по содержанию бенз[а]пирена соответствует нормативным требованиям. При более высоких температурах термоллиза древесины при копчении, количество попадаемого в мясную продукцию бенз[а]пирена может превышать допустимый уровень. Из данных табл. 2 видна также реальная картины «безопасности» копченой продукции. Контроль только за одним показателем, содержанием бенз[а]пирена, ток-

сичность которого условно принята за 1, является недостаточным, так как наличие остальных ПАУ с учетом фактора их относительной опасности являются нежелательным [2,3]. Суммарное содержание данных ПАУ в копченой продукции во много раз превышало уровень бенз[а]пирена. Это еще раз подтверждает тезис о необходимости постоянного контроля за содержанием ПАУ в пищевой продукции.

В табл. 3 представлены данные зависимости суммарного содержания ПАУ от номинального размера частиц дымной фазы.

Образование частиц копильного дыма происходит при нагревании, причем, чем выше температура, тем меньше размер дымных частиц [10]. При этом концентрация ПАУ в дымной фазе снижалась, а уменьшение размеров частиц дыма приводит к возрастанию проникающей способности. Это ведет к росту содержания ПАУ в продуктах копчения с увеличением температуры (табл. 2).

Анализ количественного содержания ПАУ в копченой мясной продукции в рамках

сертификации показал, что наиболее часто обнаруживаемыми были 8 ПАУ, а именно бенз[а]пирен, бенз[а]антрацен, бензо[б]флуорантен, бензо[к]флуорантен, бензо[ghi]перилен, хризен, дибенз[а, h]антрацен и индено[1,2,3-сd]пирен. Суммарное процентное содержание вышеперечисленных 8 ПАУ составляло в среднем более 75 % от общего количества ПАУ. При этом массовая доля циклопента[с, d]пирена, который считается наименее канцерогенным и не обладает мутагенными свойствами, по результатам исследований, находилась в диапазоне 10–15 %. Еще одним фактором в пользу выбора вышеперечисленных 8 ПАУ в качестве индикатора присутствия группы ПАУ, является высокая степень их извлечения, которая варьируется в пределах от 79,2 до 91,4 %. В то время как для дибензо[а, l]пирена, дибенз[а, e]пирена, дибенз[а, i]пирена, дибенз[а, h]пирена, степень извлечения составляла от 48,2 до 64,2 %.

Таким образом, установлена зависимость содержания ПАУ в копченой пищевой продукции от технологии обработки и выявлены индикаторы присутствия ПАУ в копченой продукции на основе мясного сырья, которыми являются восемь вышеперечисленных ПАУ. Полученные фактические данные по содержанию ПАУ подтверждают значимость контроля за содержанием вредных полициклических соединений древесины, которые могут попадать в пищу и наносить вред здоровью человека.

Библиографический список

- Кузнецова, Т.Г. Наносенсорный анализ сырья и растительных объектов: монография / Т.Г. Кузнецова, А.Н. Иванкин, А.В. Куликовский. – Saarbrücken, Germany: LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 224 p.
- Мезенова, О.Я. Производство копченых пищевых продуктов / О.Я. Мезенова, И.Н. Ким, С.А. Бредихин – М.: Колос, 2001.
- Polycyclic aromatic hydrocarbons in food. scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain (Question N° EFSA-Q-2007-136) // The EFSA Journal. – 2008. – p. 724.
- Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 92. – Lyon, France: International Agency for Research on Cancer, 2010 / <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol92/mono92.pdf>
- Пельманн, М. Стратегии минимизации содержания полициклических ароматических углеводов (ПАУ) в копченых мясопродуктах / М. Пельманн, А. Хитцель, Ф. Швегеле и др. // Мясная промышленность – приоритеты развития : сб. докл. 15-ой Международной научн.-практ. конф. памяти В.М. Горбатова 13 дек. 2012 г. – Т.1 – М.: ВНИИМП, 2012. – С. 33–46.
- СанПиН 2.3.2.1078-01. Санитарные правила и нормы. – М. Роспотребнадзор РФ, 2008, 112 с.
- Commission regulation № 835/2011 // Official Journal of the European Union 20.8.2011. L 215/4 – 8.
- ГОСТ Р 53152-2008. Продукты пищевые. Определение содержания полициклических ароматических углеводов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.
- Розанцев, Э.Г. Денатурализация пищевых продуктов / Э.Г. Розанцев, М.А. Дмитриев, Т.М. Бершова // Пищевая промышленность. – 2005.– № 9. – С. 90–91.
- Лиханова, Л.М. Определение размера наночастиц композиционных материалов методом корреляционной спектроскопии / Л.М. Лиханова, В.А. Беляков, Ю.П. Семенов и др. // Технология и оборудов. для переработки древесины: сб. науч. тр. – М: МГУЛ, 2012. – Вып. 358. – С. 162–170.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ НАНОПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

А.М. МОРОЗОВ, научный консультант ООО «БИОВЕТ-ФЕРМЕНТ», канд. техн. наук,
Г.Н. КОНОНОВ, проф. каф. ХТДиП МГУЛ, канд. техн. наук,
К.Л. КОСАРЕВ, асп. каф. ХТДиП МГУЛ,
А.В. КУДРЯШОВ, студ. факультета МХТД, МГУЛ

kosarev_83@mail.ru

В процессе химической переработки древесины в зависимости от профиля предприятия количество отходов может составлять 30–

40 % на 1 т абсолютно сухого сырья. Наиболее обременительными и крупнотоннажными отходами переработки древесины являются цел-

лолигнин – отход экстрактивного производства получения таннинов из древесины дуба и гидролизный лигнин – отход гидролизного производства, использующего в качестве сырья древесину хвойных пород [1].

Данные отходы деревопереработки были выбраны нами вследствие того, что их компонентный состав отличается отсутствием той или иной группы компонентов древесины.

Исходная древесина представляет собой полный комплекс компонентов, включает

углеводную часть, состоящую из целлюлозы и гемицеллюлоз и ароматической части лигнина, а также целого комплекса экстрактивных веществ различной химической природы. Целлолигнин представляет собой древесину, освобожденную от таннинов и других водозэкстрактивных веществ, и является высокомолекулярным лигноуглеводным комплексом.

И наконец, гидролизный лигнин, являясь отходом гидролизного производства, представляет собой сильно измененный по

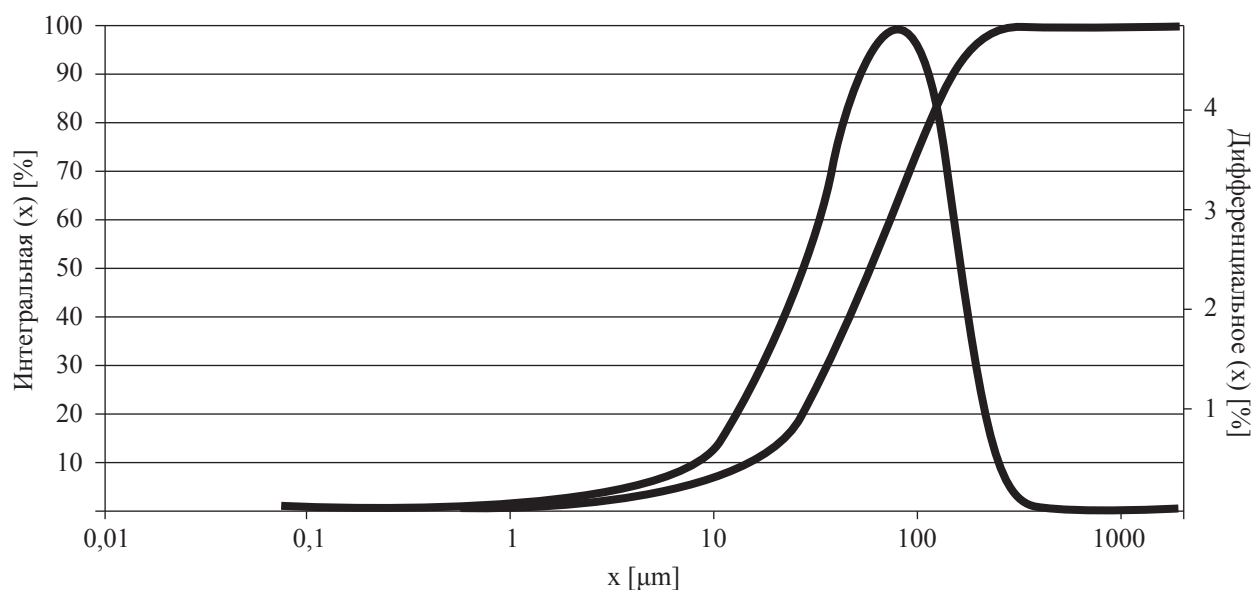


Рис. 1. Дифференциальная и интегральная кривые распределения размеров частиц гидролизного лигнина после измельчения на вихревой мельнице-нагревателе. Средний диаметр частиц составляет 100 мкм

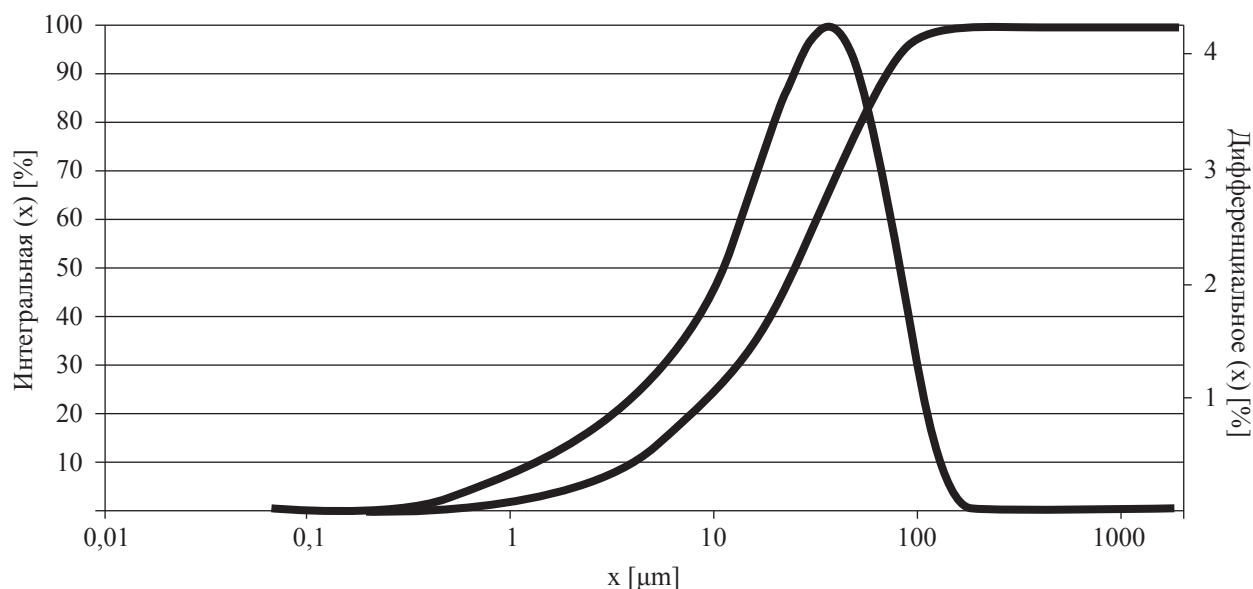


Рис. 2. Дифференциальная и интегральная кривые распределения размеров частиц целлолигнина после измельчения на вихревой мельнице-нагревателе. Средний диаметр частиц составляет 50 мкм

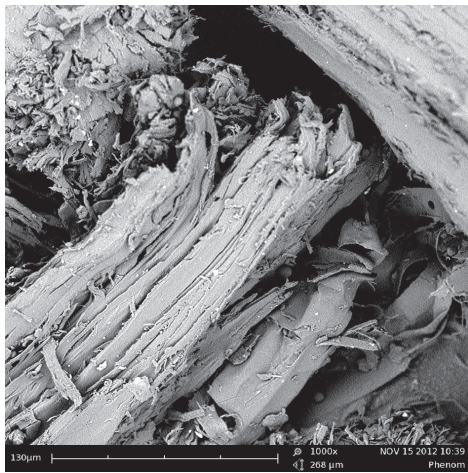


Рис. 3. Электронная микрофотография измельченной природной древесины. (увеличение 1000×)

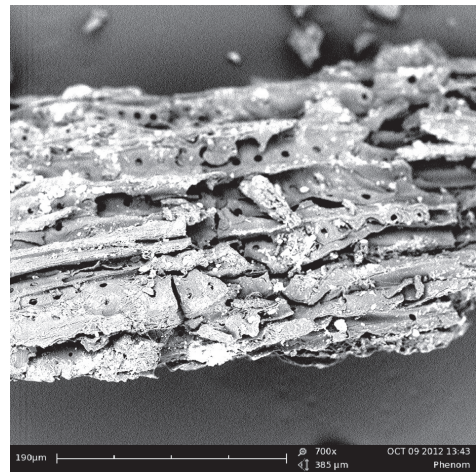


Рис. 4. Электронная микрофотография частиц целлюлозы (увеличение 1000×). Четко различима микроструктура природной древесины, видны окаймленные поры в стенках волокон либриформа

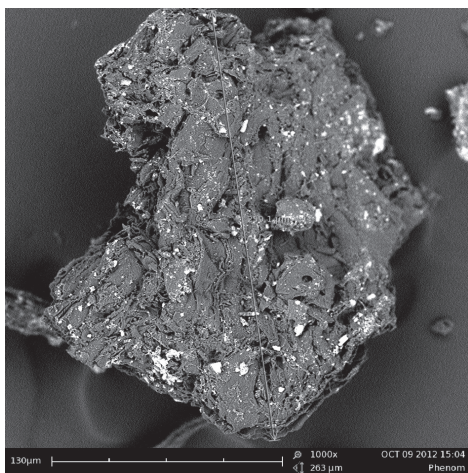


Рис. 5. Электронная микрофотография частицы гидролизного лигнина (увеличение 1000×). Прослеживаются явные нарушения в анатомической структуре, вызванные гидролитическими и конденсационными процессами

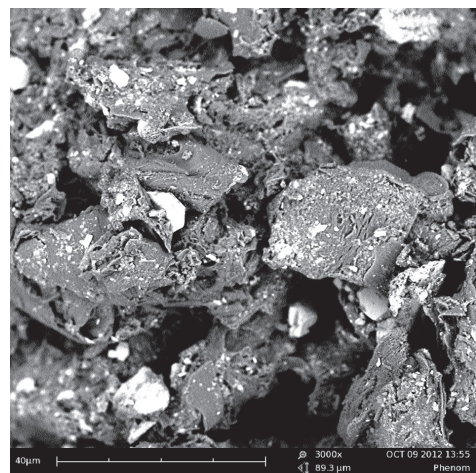


Рис. 6. Электронная микрофотография частицы гидролизного лигнина (увеличение 3000×)

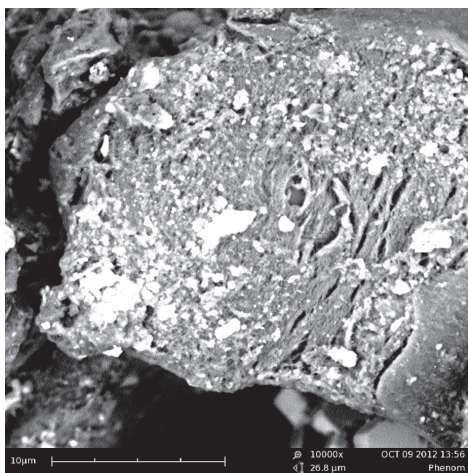


Рис. 7. Электронная микрофотография частицы гидролизного лигнина (увеличение 10000×)

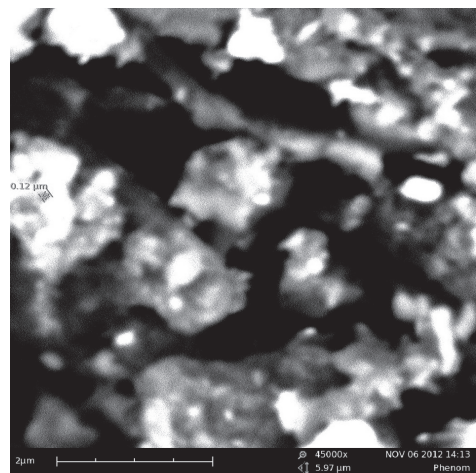


Рис. 8. Электронная микрофотография частицы гидролизного лигнина (увеличение 45000×)

сравнению с протолигнином продукт его конденсации и частичной деструкции, агрегированный с гидролизованной остаточной углеводной частью древесины. Если в природной древесине и целлолигнине лигноуглеводный комплекс практически не изменен, то в гидролизном лигнине он претерпел сильные изменения химического характера, превратившись совершенно иной по сравнению с древесиной химический продукт.

Древесина и продукты ее частичного химического разрушения обладают структурой специфического характера, которая сохраняется даже в случае достаточно жестких методов химической обработки. Эта структура обладает высокой пористостью и большой площадью внутренней поверхности. И, по нашему мнению, может являться основой материалов с повышенной сорбционной способностью.

Предварительные исследования сорбционной способности целлолигнина и гидролизного лигнина [2] говорят о принципиальной возможности их использования в качестве сорбентов различного назначения. Однако их сорбционная способность недостаточно высока, а ее повышение, по нашему мнению, может быть достигнуто резким увеличением площади внутренней поверхности с помощью специальных методов размола.

В работе [3] рассматривалась возможность использования высокоэффективного оборудования для получения тонкодисперсных древесных порошков. В данной работе нами была предпринята попытка использования этого оборудования для тонкого измельчения таких продуктов, как целлолигнин и гидролизный лигнин. Изучена наноструктура указанных объектов с целью определения возможности их дальнейшего использования в качестве основы комплексных сорбентов широкого спектра действия.

Для проведения исследований были использованы гидролизный лигнин с отвала Кировского биохимического завода и целлолигнин с отвала Шумерлинского химического завода.

После предварительной обработки на установке сушки и измельчения АС-4-1000

объекты исследования дополнительно измельчались на вихревой мельнице-нагревателе.

Степень измельчения оценивалась и контролировалась при помощи лазерного дифракционного анализатора размера частиц *ANALYSETTE 22 MicroTec plus*. Данный анализатор позволяет определять гранулометрический (механический) состав в диапазоне от 80 нм до 2000 мкм.

Для изучения структуры исследуемых объектов в работе использовался сканирующий электронный микроскоп *Phenom G2 pro*, позволяющий получать изображения с увеличением в диапазоне от 80× до 45000× и разрешением до 25 нм.

Результаты исследования гранулометрического состава образцов, измельченных на вихревой мельнице, представлены на рис. № 1 и № 2. Из полученных данных можно сделать вывод, что основная часть измельченных частиц имеет размер, равный 10–350 мкм, при этом средний диаметр частиц составляет около 100 мкм.

Как следует из результатов электронной микроскопии, в продуктах переработки древесины, целлолигнине и гидролизном лигнине сохраняется анатомическая структура природной древесины (рис. 3). Причем, если в целлолигнине (рис. 4) она практически не изменена, то в гидролизном лигнине (рис. 5) за счет гидролитических процессов углеводной части надмолекулярные структуры клеточной стенки древесной клетки, освобожденные от целлюлозы и гемицеллюлоз, резко увеличивают площадь внутренней поверхности. Так, на рис. 6 мы наблюдаем фрагмент клеточной стенки с ярко выраженной концентрической слоистостью сильно лигнифицированной структуры слоев клеточной стенки и даже фрагменты истинной срединной пластинки (в основном состоящей из лигнина).

При более детальном рассмотрении описываемой структуры (рис. 7) наблюдается высокая пористость лигнифицированной первичной стенки, обусловленная ее фрагментацией вплоть до структур с размерами от 200 до 500 нм. Также хорошо различимы слои вторичной и третичной клеточной стенки. Разрешающая способность электронного

микроскопа позволяет представить межфибрилярные пространства размером до 100 нм (рис. 8), что соизмеримо с размерами крупных белковых молекул или их агрегатов, возможность сорбирования которых нам представляется вполне реальной.

Проведенные исследования позволяют предположить целесообразность использования высокодисперсных порошков исследованных продуктов переработки древесины в качестве основы для сорбентов широкого спектра действия.

Данная работа выполнялась при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного контракта № 16.522.12.2010, заключенного между Министерством образования и науки

РФ и ООО «БИОВЕТ-ФЕРМЕНТ» по мероприятию 2.2 федеральной целевой программы: «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007–2013 годы».

Библиографический список

1. Холькин, Ю.И. Технология гидролизных производств: Учебник для вузов / Ю.И. Холькин. – М.: Лесная пром-сть, 1989. – 486 с.
2. Канарский, З.А. Адсорбция микотоксинов техническими лигнинами / З.А. Канарский, А.В. Канарский, Ю.Г. Хабаров и др. // Химия растительного сырья – 2011. – № 1. – С. 59–63.
3. Косарев, К.Л. Исследование влияния технологических режимов обработки лигноцеллюлозного материала на его сорбционные свойства / К.Л. Косарев, А.М. Морозов // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. – С. 20.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СВОЙСТВ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ НА ОСНОВЕ ФУРФУРОЛАЦЕТОНОВОГО МОНОМЕРА ФА

С.А. УГРЮМОВ, *проф. каф. механической технологии древесины КГТУ, д-р техн. наук*,
Д.А. СМИРНОВ, *студ., специальность «Технология деревообработки» КГТУ*

ugr-s@yandex.ru; nis@kstu.edu.ru

Одним из основных видов композиционных древесных материалов, выпускаемых деревообрабатывающей отраслью, являются древесно-стружечные плиты на основе отходов деревообработки и низкокачественной древесины [1, 2]. Мировое производство и потребление плит возрастают с каждым годом, находя новые сферы применения и вытесняя пиломатериалы и изделия из натуральной древесины [3].

В качестве связующих в данных плитах могут использоваться различные синтетические соединения. Наибольшее распространение получили термореактивные связующие, в которых при отверждении происходят необратимые структурные и химические изменения, прежде всего это карбамидоформальдегидные и фенолоформальдегидные олигомеры [4].

Однако основная часть плит имеет невысокую водостойкость, что приводит к деформациям от воздействия влаги или воды, особенно в местах сколов и царапин. Наличие

в составе смол свободного формальдегида и фенола приводит к эмиссии вредных веществ при эксплуатации плит.

Одним из способов повышения водостойкости и снижения токсичности древесных плит является применение при их изготовлении альтернативных клеев. Одним из таких направлений может стать применение в качестве связующего олигомеров фуранового ряда [4, 5]. Основным компонентом фурановых смол является фурфурол, который можно получать из низкокачественной древесины лиственных пород, содержащих максимальное количество пентозанов; отходов лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности; пентозансодержащих отходов целлюлозно-бумажной промышленности; отходов сельскохозяйственного производства; дикорастущих однолетних растений; отходов пищевой промышленности [6]. Таким образом, применение в качестве связующих фурановых смол позволяет повысить комплексность использования сырья.

Управляемые факторы и уровни их варьирования

Наименование факторов	Обозначение		Интервал варьирования	Уровень варьирования		
	натуральное	нормализованное		нижний (-1)	основной (0)	верхний (+1)
1. Плотность плиты, кг/м ³	$P_{св}$	x_1	5	10	15	20
2. Расход связующего, %	P	x_2	50	750	800	850
3. Температура прессования, °С	T	x_3	15	150	165	180

Т а б л и ц а 2

Матрица планирования эксперимента

№ Оп.	В кодированном обозначении			В натуральном обозначении			Предел прочности при изгибе, МПа хвойные / лиственные	Разбухание по толщине, % хвойные / лиственные	Водопоглощение, % хвойные / лиственные
	X_1	X_2	X_3	$P_{св}, \%$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$T, ^\circ\text{C}$			
1	+1	+1	+1	20	850	180	16,9 / 22,8	3,6 / 5,1	7,2 / 11,2
2	-1	+1	+1	10	850	180	11,2 / 14,6	22,0 / 15,0	60,0 / 42,3
3	+1	-1	+1	20	750	180	9,1 / 12,3	4,5 / 6,8	16,0 / 16,1
4	-1	-1	+1	10	750	180	6,3 / 8,1	19,0 / 18,8	43,0 / 29,1
5	+1	+1	-1	20	850	150	16,0 / 21,8	3,8 / 7,2	10,1 / 17,0
6	-1	+1	-1	10	850	150	10,6 / 13,9	23,1 / 21,2	66,0 / 53,1
7	+1	-1	-1	20	750	150	8,3 / 12,1	4,9 / 9,2	19,0 / 23,1
8	-1	-1	-1	10	750	150	5,2 / 7,1	20,2 / 26,1	49,0 / 43,1

В настоящее время олигомеры фуранового ряда в производстве древесных плит промышленно не применяются, поэтому отсутствуют данные о рецептурах, технологических режимах производства данных плит. Представляет научный и практический интерес изучение физико-механических свойств и подбор рациональных режимов производства древесных плит на основе фуранового олигомера.

В ходе экспериментальных запрессовок выявлены факторы, оказывающие значимый эффект на эксплуатационные характеристики плит как конструкционного материала:

- плотность плиты, влияющая на качество упаковки частиц и, следовательно, на прочность материала;

- расход связующего, влияющий на качество склеивания частиц между собой, прочностные и водозащитные свойства материала;

- температура прессования, влияющая на скорость и полноту отверждения связующего.

Указанные факторы приняты в качестве управляемых при постановке и реализации полнофакторного плана. При проведении опытных запрессовок применялась древесная

стружка хвойных и лиственных пород фракции 10/2, фурановая смола – фурфурол-ацетоновый мономер ФА, синтезированный в условиях 54 Промкомбината, г. Новомосковск, отвердитель – *n*-толуолсульфоокислота. Изготовление плит проводилось в лабораторном гидравлическом прессе П100-400 при следующих постоянных факторах: толщина плит 12 мм; температура плит пресса 180°С; удельное давление прессования 2 МПа; продолжительность выдержки под давлением 10 мин;

Уровни варьирования управляемых факторов выбраны на основе анализа результатов предварительных запрессовок и представлены в табл. 1.

В качестве выходных величин приняты физико-механические показатели, характеризующие эксплуатационные характеристики плит – предел прочности при статическом изгибе, разбухание по толщине и водопоглощение плит после выдержки в воде в течение 24 ч, определенные по методикам для древесностружечных плит (ГОСТы 10634, 10635).

Количество дублированных опытов для всех выходных величин на основе оценочных экспериментов и расчета по критерию Стьюдента составило 4.

Матрица планирования эксперимента с выходными величинами представлена в табл. 2.

Математическая обработка полученных экспериментальных данных проведена по стандартной методике обработки результатов полнофакторного плана [7]. Установлено, что полученные выборки не содержат грубых результатов, а дисперсии опытов являются однородными.

После исключения количественно незначимых членов математические модели влияния рассмотренных факторов в кодированном обозначении на свойства плит имеют следующий вид

1) выходная величина – предел прочности при изгибе для хвойных пород

$$Y_1 = 10,45 + 2,13x_1 + 3,23x_2 + 0,43x_3 + 0,65x_1x_2;$$

2) выходная величина – предел прочности при изгибе для лиственных пород

$$Y_2 = 14,09 + 3,16x_1 + 4,19x_2 + 0,36x_3 + 0,86x_1x_2;$$

3) выходная величина – разбухание по толщине для хвойных пород

$$Y_3 = 12,64 - 8,44x_1 + 0,49x_2 - 0,36x_3 - 0,99x_1x_2;$$

4) выходная величина – разбухание по толщине для лиственных пород

$$Y_4 = 13,68 - 6,6x_1 - 1,55x_2 - 2,25x_3 + 0,63x_1x_2 + 1,13x_1x_3;$$

5) выходная величина – водопоглощение для хвойных пород

$$Y_5 = 33,79 - 20,71x_1 + 2,04x_2 - 2,24x_3 - 6,46x_1x_2;$$

6) выходная величина – водопоглощение для лиственных пород

$$Y_6 = 29,38 - 12,53x_1 + 1,53x_2 - 4,70x_3 - 4,28x_1x_2 + 1,5x_1x_3;$$

Математические модели в натуральном обозначении факторов, позволяющие спрогнозировать значения выходных величин при любых сочетаниях факторов в рассмотренном диапазоне, имеют вид

– для предела прочности при статическом изгибе для хвойных пород

$$\sigma_{и} = -21,15 - 1,65P_{св.} + 0,02\rho + 0,03T + 0,003P_{св} \rho;$$

– для предела прочности при статическом изгибе для лиственных пород

$$\sigma_{и} = -25,11 - 2,12P_{св.} + 0,03\rho + 0,02T + 0,003P_{св} \rho;$$

– для разбухания по толщине для хвойных пород

$$P_s = -13,44 + 1,48P_{св.} + 0,07\rho - 0,02T - 0,004P_{св} \rho;$$

– для разбухания по толщине для лиственных пород

$$P_s = 137,36 - 6,27P_{св.} - 0,07\rho - 0,42T + 0,003P_{св} \rho + 0,02 P_{св} T;$$

– для разбухания по толщине для хвойных пород

$$W = -222,16 + 16,53P_{св.} + 0,43\rho - 0,15T - 0,03P_{св} \rho;$$

– для разбухания по толщине для лиственных пород

$$W = -61,75 - 7,89P_{св.} + 0,29\rho - 0,34T - 0,02P_{св} \rho + 0,02 P_{св} T;$$

Данные модели являются адекватными и эффективными.

Анализ полученных математических моделей позволил определить, что на прочностные показатели плит наибольшее влияние оказывает плотность плит, с увеличением которой происходит упрочнение материала, существенное влияние оказывает также расход связующего. Физические показатели (разбухание, водопоглощение) при увеличении плотности несколько ухудшаются, что связано с увеличением релаксационных процессов при увлажнении уплотненного материала. Температура прессования оказывает незначительное влияние как на эксплуатационные, так и физические свойства плит.

Анализ полученных математических моделей позволил определить рациональные условия производства плит на основе отходов деревообработки и фурановых олигомеров:

– плотность плиты 850 кг/м³;

– расход связующего 15...20 % относительно массы наполнителя;

– температура плит пресса 170...180 °С;

– время прессования 10 мин;

– удельное давление прессования 2 МПа.

При изготовлении плит при данных условиях удастся получить материал с физико-механическими показателями, удовлетворяющими требованиям ГОСТ 10632-07 на древесно-стружечные плиты. Плиты на основе лиственных пород древесины более прочные, что объясняется более полной смачиваемостью и большей когезионной прочностью лиственных частиц. В

то же время водостойкость выше у плит на основе хвойных пород древесины, так как, кроме защитных свойств клеевого шва, дополнительную защиту оказывают смолистые вещества в древесине, а также перешедшие в отвержденное состояние при термообработке в процессе прессования. Эксплуатационные характеристики плит на основе фурфуролацетона мономера ФА удовлетворяют требования строительной сферы и мебельной промышленности для использования их в качестве конструкционного материала, эксплуатируемого в условиях переменной влажности и контакта с водой.

Библиографический список

1. Моделирование свойств и процессов прессования реактопластов: монография / под общ. ред. А.Н. Обливина. – М.: МГУЛ, 2005. – 284 с.
2. Мельникова, Л.В. Технология композиционных материалов из древесины: 2-е изд., испр. и доп. / Л.В. Мельникова. – М.: МГУЛ, 2004. – 234 с.
3. Мелони, Т. Современное производство древесностружечных и древесно-волоконистых плит / Т. Мелони; пер. с англ. А.А. Амалицкого, Е.И. Карасова. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 416 с.
4. Азаров, В.И. Технология связующих и полимерных материалов / В.И. Азаров, В.Е. Цветков. – М.: Лесная пром-сть, 1985. – 216 с.
5. Тармошин, К.В. Структурообразование и свойства высоконаполненных фурановых композиций: дисс. ... канд. техн. наук / К.В. Тармошин. – М.: МНИИЖТ, 1983. – 168 с.
6. Брацыхин, Е.А. Технология пластических масс. – 3-е изд., перераб. и доп. / Е.А. Брацыхин, Э.С. Шульгина. – Л.: Химия, 1982. – 328 с.
7. Пижурин, А.А. Исследование процессов деревообработки / А.А. Пижурин, М.С. Розенблит. – М.: Лесная пром-сть, 1984. – 232 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ЦЕМЕНТНОГО РАСТВОРА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ХАРАКТЕРА КИСЛОТНОСТИ ВОДЫ ЗАТВОРЕНИЯ

Б.Д. РУДЕНКО, доц. каф. ТКМиД СибГТУ, канд. техн. наук,
Д.П. ПРОКОПЬЕВА, асп. каф. ТКМиД СибГТУ

bdrudenko@mail.ru, bor.rudenko@yandex.ru

Для получения качественных цементно-древесных материалов, таких как арболит, цементно-стружечные плиты, велокс, дюризол, бризолит, требуется преодолеть вредное воздействие используемых древесных частиц на процесс твердения портланд-

цемента. Необходимым условием твердения цемента является наличие щелочной среды, однако наличие древесины в цементном растворе приводит к снижению показателя *pH*. В [1] приведены результаты исследований, проведенных для определения изменения

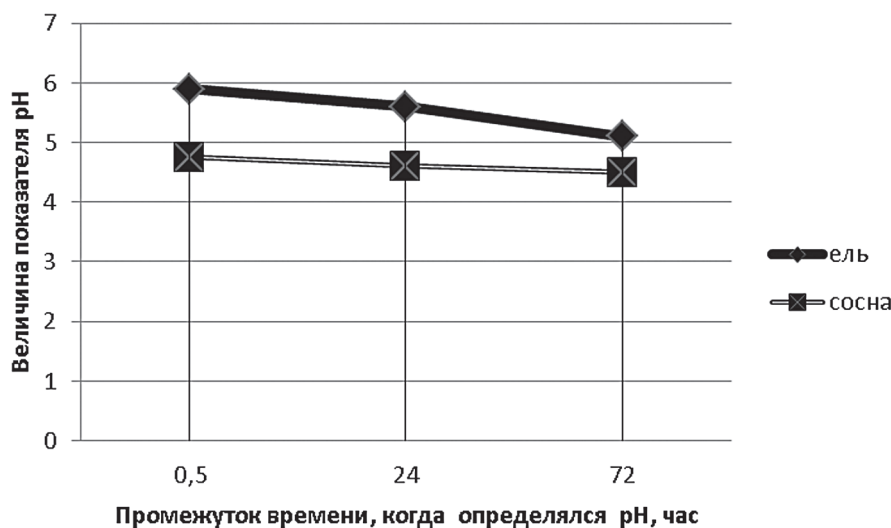


Рис. 1. Изменение водородного показателя *pH* в водном растворе

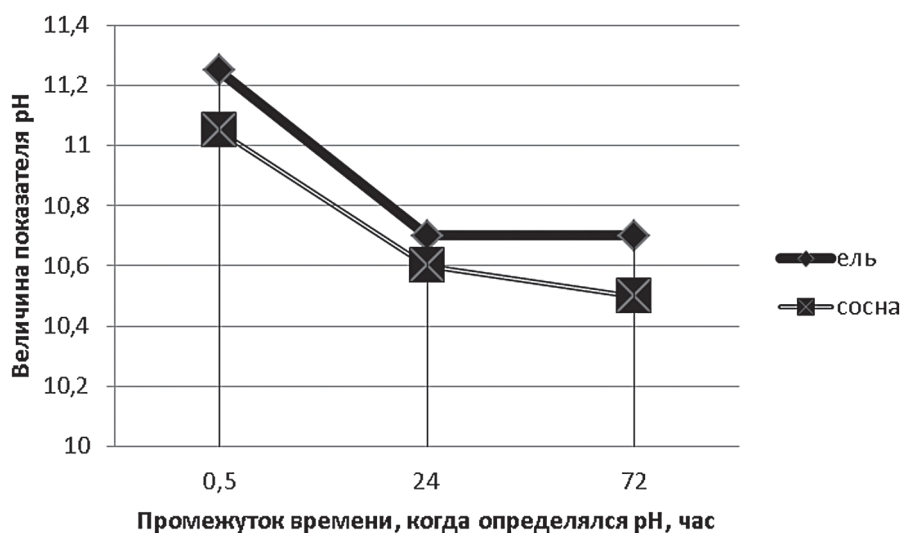


Рис. 2. Изменение водородного показателя pH в щелочном растворе

водородного показателя pH в зависимости от влияния породы древесины. Рассмотрим представленные данные в виде графических зависимостей, изображенных на рис. 1 и 2. Наблюдается снижение pH в течение времени в результате выдержки древесины в воде на рис. 1 и в щелочном растворе ($pH = 12$) на рис. 2. Более сильное влияние на снижение pH оказывает древесина сосны, хотя с течением времени это влияние несколько замедляется. В растворе щелочи тенденция повторяется, однако временной фактор играет большую роль.

Процесс твердения цемента имеет сложную природу многочисленных взаимодействий. Однако характерным моментом данного процесса является то, что в воде, присутствующей в капиллярах и порах цементного камня, находятся в растворенном виде разные вещества. Главное место занимают гидраты окисей кальция, натрия, калия и др., количество которых достигает величины 1,5 г/л (в пересчете на CaO), в связи с чем наблюдается высокая щелочность среды. Показатель концентрации ионов водорода pH при этом может доходить до 13 [2].

Можно предположить, что любое нарушение равновесия в образующейся системе, особенно изменение одного из главных показателей, величины pH , отразится на показателях образующейся структуры вообще и прочности в частности. Это будет одной из причин снижения прочности цементно-древесных материалов.

Целью данной работы является исследование прочности цементного раствора при использовании воды затворения разной кислотности для выбранных пород древесины. Кроме того, исследовать влияние характера кислотности, который определяется использованием воды затворения двух видов, как экстракты древесины и как растворы кислот, органической и неорганической, соответственно соответствующим показателем pH . (Вид древесины и вид воды затворения).

В ходе эксперимента использовались образцы, изготовленные из портландцемента марки ПЦ 400 ДО ГОСТ 31108-2003. В качестве заполнителя применялся песок строительный ГОСТ 8736-93, в соотношении Ц/П = 1/3. В качестве воды затворения выбраны водные экстракты ели, сосны и лиственницы, кислотность которых указана в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Показатели кислотности используемой воды затворения

Вода затворения	Величина pH
Экстракт древесины ели	5,6
Экстракт древесины сосны	5,2
Экстракт древесины лиственницы	4,2
Раствор кислоты лимонная 1	5,6
Раствор кислоты лимонная 2	5,2
Раствор кислоты лимонная 3	4,2
Раствор кислоты серная 1	5,6
Раствор кислоты серная 2	5,2
Раствор кислоты серная 3	4,2

Прочность на сжатие цементной композиции

Вид древесины (А)	Прочность, МПа								
	Вид воды затворения (В)								
	Раствор лимонной кислоты ($pH = 5,6$)			Раствор серной кислоты ($pH = 5,2$)			Экстракт древесины ($pH = 4,2$)		
	код В1			код В2			код В3		
Ель ($pH = 5,6$) код А1	2,029	2,031	2,027	2,237	2,230	2,244	2,694	2,690	2,698
Сосна ($pH = 5,2$) код А2	1,783	1,780	1,786	1,884	1,880	1,888	2,176	2,170	2,182
Лиственница ($pH = 4,2$) код А3	1,653	1,650	1,656	1,674	1,670	1,678	0,011	0,023	0,045

Также использовались соответствующие, для полученных pH , растворы органической (лимонной) и неорганической (серной) кислоты, табл. 1. Для изготовления контрольных образцов принята дистиллированная вода с показателем $pH = 7$. Эксперименты проводились в лабораторных условиях.

В смесь из песка и портландцемента добавляли воду затворения соответствующей кислотности и вида кислоты. После смешивания компонентов полученные образцы выдерживались в формах при комнатных условиях в течение 28 суток. Испытания на прочность при сжатии проводились согласно ГОСТ 5802-86.

Рассмотрим дисперсионный анализ для выявления закономерностей влияния этих факторов. Так как в основе его лежит разложение общей вариации рассматриваемой (случайной) величины на слагаемые, которые не зависят друг от друга, то эти слагаемые характеризуют влияние выбранного фактора на исследуемое свойство, а также их взаимодействия. В качестве факторов рассмотрим показатель кислотности водного раствора для затворения цементного раствора, который соответствует экстрактам для древесины ели сосны и лиственницы (вид древесины) и вид воды затворения (раствор лимонной, серной кислот и экстракт древесины лиственницы).

При использовании дисперсионного анализа требуется соблюдать определённые требования:

- результатами наблюдений могут быть только независимые случайные величины;

- рассматриваемые результаты должны иметь нормальное распределение;

- оцениваться одинаковой дисперсией.

При соблюдении этих требований можно дать оценку значимости полученных значений дисперсий и математических ожиданий, а также построить доверительные интервалы [3]. Рассмотрим полученные данные, представленные в табл. 2.

Варьируемые факторы: А – Вид древесины; его уровни код А1, код А2, код А3. Фактор В – Вид воды затворения; его уровни код В1, код В2, код В3. Число уровней каждого фактора равно $m = k = 3$. Каждый вариант испытывался для каждого вида древесины, поэтому получилось $m \cdot k = 9$ различных сочетаний уровней факторов. Для каждого из них получено 3 образца, $n = 3$. Общее число наблюдений $N = m \cdot k \cdot n = 27$. Выходной величиной эксперимента является предел прочности при сжатии, МПа.

Согласно методике [4], полученные результаты обработаны средствами *Multifactor ANOVA*, из программы *Statgraphics*. Воспользуемся графическими возможностями отображения результатов анализа, проведенного для полученных результатов.

На рис. 3 показан график зависимости средних значений прочности в зависимости от уровня pH . Ясно видно, что уровень pH сильно влияет на значения получаемой прочности образцов. Вместе с тем, наибольшая прочность наблюдается для величины $pH 5,2$, а не 5,6, как можно было ожидать.

При рассмотрении влияния взаимодействия вида воды затворения и уровня pH (рис. 4) видно, что с уменьшением величины pH прочность значительно уменьшается (практически до нуля) для лиственницы, од-

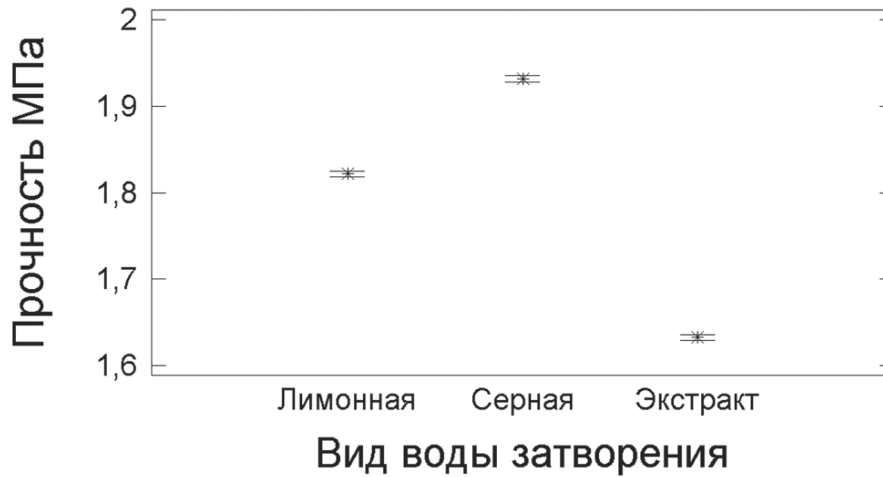


Рис. 3. Средние значения и 95 % доверительные интервалы

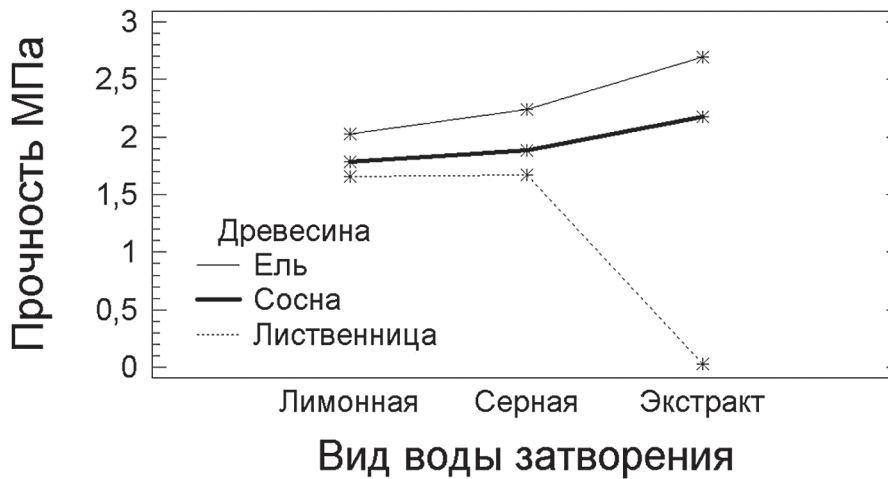


Рис. 4. График взаимодействия исследуемых факторов

нако для ели и сосны наблюдается некоторое увеличение прочности.

Величина прочности образцов из цементного раствора зависит от вида воды затворения, наибольшая прочность соответствует древесине ели, затем древесина сосны и наименьшая прочность соответствует использованию экстракта древесины лиственницы (рис. 4, легенда). Данные по распределению прочности соответствуют данным [1], где приведены значения прочности арболита из ели и сосны. Причем, по данным [1,5] прочность арболита из древесины сосны на 15 % меньше прочности арболита из ели. В нашем случае уменьшение составляет 16 %. Данные [6], в которых приведена степень пригодности древесины для цементных бетонов, также соответствуют полученным результатам.

Следует заметить, что контрольный образец (показатель для воды затворения $pH = 7$) имеет прочность 4 МПа. Это показывает, что снижение величины pH воды затворения приводит к общему уменьшению прочности.

Уменьшение pH воды затворения цементного раствора приводит к уменьшению прочности образцов на сжатие. Величина уменьшения прочности соответствует породе древесины. Использование экстракта древесины лиственницы со значением $pH 4,2$ в качестве воды затворения для цементного раствора приводит к значительной потере прочности образцов. Видно, что кроме кислотности на процесс набора прочности цементного раствора влияют также и особенности строения древесины лиственницы. Наиболее характерным является значительное содержание водорастворимых ве-

ществ (до 30 %) [7], которые и определяют наблюдающееся резкое снижение прочности.

Библиографический список

1. Бужевич, Г.А. Арболит / Г.А. Бужевич и др. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1968. – 243 с.
2. Волженский, А.В. Минеральные вяжущие вещества (технология и свойства) / А.В. Волженский, Ю.С. Буров, В.С. Колокольников. – М.: Стройиздат, 1979. – 476 с.
3. Пижурин, А.А. Исследования процессов деревообработки / А.А. Пижурин, М.С. Розенблит. – М.: Лесная пром-сть, 1984. – 232 с.
4. Дюк, В. Обработка данных на ПК в примерах / В. Дюк. – СПб.: Питер, 1997. – 240 с.
5. Щербаков, А.С. Арболит. Повышение качества и долговечности / А.С. Щербаков, Л.П. Хорошун, В.С. Подчуфаров. – М.: Лесная пром-сть, 1979. – 160 с.
6. Sanderman W und Dehn U/ Einflussechemischer Faktoren auf die Festigkeitseigenschaftenzementgeb underHolzwolleplattenHolzalsRohWerkstoff, № 3, 1951
7. Бокшанин, Ю.Р. Обработка и применение древесины лиственницы / Ю.Р. Бокшанин. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 216 с.

ВЛИЯНИЕ ПРОПИТКИ ОРГАНОСИЛОКСАНАМИ НА ГИДРОФОБНОСТЬ И ФОРМОУСТОЙЧИВОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ

О.П. ПРОШИНА, доц. каф. химии и биотехнологии МГУЛ, канд. хим. наук,
 А.Н. ИВАНКИН, проф., зав. кафедрой химии и биотехнологии МГУЛ, д-р. хим. наук,
 Е.А. КАПУСТИНА, магистр каф. сушки и защиты древесины МГУЛ,
 А.И. РАСЕВ, проф. каф. сушки и защиты древесины МГУЛ, канд. техн. наук

aivankin@mgul.ac.ru

Главной задачей модифицирования древесины является получение материалов с заданными свойствами. В последние десятилетия возрос интерес к технологиям, с помощью которых можно изменять химическую структуру веществ, составляющих стенки древесных клеток. В первую очередь преследуется цель повышения устойчивости к деформации, уменьшение влагопоглощения и т.д. [1].

Модификация древесины позволяет получать конкурентноспособные материалы с повышенной формоустойчивостью, низкой гигроскопичностью и высокой твердостью, которые могли бы заменить древесину ценных и тропических пород.

В настоящее время рынок лесоматериалов представлен в основном термически модифицированной древесиной, имеющей удовлетворительные показатели по формоустойчивости и гигроскопичности, и небольшим количеством Дестана[®], товарная марка материала которого представляет собой древесину, пропитанную карбамидом и спрессованную при повышенном давлении [3].

В Европе, США, Канаде производится и широко используется термодревесина. В основе способов термического модифицирования при

всех технических различиях лежит химическое превращение компонентов древесины под действием высоких температур. Формоустойчивость такой древесины существенно выше, чем у натуральной. Низкая механическая прочность, а также хрупкость заметно снижают её эксплуатационные свойства [4–6].

Одной из задач модификации древесины является повышение ее гидрофобных свойств. Уменьшение водопоглощения предотвращает расширение и усадку древесины, снижает опасность возникновения трещин в материале.

Для модификации древесины давно используются моно-, олигомеры и природные смолы [4, 5]. В начале 90-х исследования в этой области возобновились не только с целью улучшения физических свойств, но и повышения долговечности и устойчивости к деформации.

Работа посвящена поиску новых материалов для стабилизации форм и размеров изделий из древесины, а также придания древесине гидрофобных свойств.

Основным направлением данных исследований является поиск активных веществ, вступающих в химические реакции с

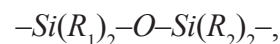
компонентами древесных клеток, и возможность создания устойчивой трехмерной полимерной сетки в клетках древесины. Образование полимерной сетки не дает возможности разбухать стенкам древесных клеток и тем самым исключает или уменьшает усушку.

Перспективными с нашей точки зрения являются кремнийорганические соединения, так как полимеры на их основе обладают высокой деформационной и теплостойкостью, химически устойчивы к действию многих реагентов [5]. Наибольшее распространение получили полиорганосилоксаны, содержащие силоксановую группировку.

Т а б л и ц а 1

Пропитка древесины березы в гидрофобизирующих жидкостях

№ образца	Масса образца в абсолютно сухом состоянии, $m_{\text{сух}}$, г	Масса образца после пропитки в абсолютно сухом состоянии, m_3 , г	Изменение массы образцов $\Delta m = m_3 - m_{\text{сух}}$, г	Коэффициент изменения массы образца, $k = (\Delta m / m_{\text{сух}}) \cdot 100$, %
Масло машинное				
2	4,29	5,98	1,69	39
10	4,22	7,54	3,32	76
12	4,25	7,34	3,09	72
13	4,26	6,18	1,92	45
15	4,22	6,82	2,60	61
19	4,40	7,50	3,10	70
КФС-сополимер				
20	4,21	6,04	1,83	43
22	4,19	6,04	1,85	44
24	4,37	6,18	1,81	41
25	4,22	5,99	1,77	42
27	4,07	5,91	1,84	45
29	4,21	6,04	1,83	43
Гексаметилсилан ГКЖ-49 в уайтспирите				
30	4,30	4,68	0,38	8,8
31	4,24	4,58	0,34	8,0
32	4,24	4,59	0,35	8,3
33	4,35	4,69	0,34	7,8
34	4,12	4,51	0,36	8,6
36	4,21	4,61	0,40	9,5
Гексаметилсилан ГКЖ-49 в гексане				
50	4,19	4,40	0,21	5,0
51	4,19	4,43	0,24	5,7
53	4,34	4,58	0,24	5,5
55	4,21	4,47	0,26	6,1
56	4,30	4,67	0,37	8,6
59	4,40	4,75	0,35	7,9



где R_1 и R_2 – органический заместитель.

В работе мы использовали составы кремнийорганических соединений (КОС), которые выпускаются промышленностью и применяются в строительстве, производстве композиционных материалов, лакокрасочной промышленности и т.д.

На начальном этапе исследовался препарат, который рекомендован для мягкого силилирования древесины – гексаметилсилан [6, 7], имеющий структурную формулу: $Si(CH_3)_3OSi(CH_3)_3$ и известный как гидрофобизирующая жидкость под торговой маркой ГКЖ-49.

Для сравнения параллельно проводились исследования на образцах из натуральной древесины и образцах, пропитанных веществами, которые традиционно используются для придания гидрофобности: машинным маслом и карбамидоформальдегидным сополимером (КФС).

Образцы древесины берёзы размером $20 \times 20 \times 20$ мм высушивались при 104°C в течение 8 ч. Измерялись их масса и размеры (в радиальном и тангенциальном направлениях) в абсолютно сухом состоянии. Затем образцы пропитывались в растворах: ГКЖ-49 (5 % об.) в уайтспирите, ГКЖ-49 (5 % об.) в гексане, 50 % водном растворе карбамидоформальдегидного сополимера (КФС), масле смазочном бытовом (ГОСТ 20799-86). Измеряли относительное изменение линейных размеров образцов $\Delta l/l$, где l – исходная длина образца.

Каждая серия состояла из 6 образцов. Пропитка проводилась в вакуумном шкафу в течение 2 ч, затем образцы выдерживались в растворе в течение 20 ч, взвешивались и высушивались при температуре 104°C в течение 8 ч.

Результаты измерения массы образцов в абсолютно сухом состоянии ($m_{\text{сух}}$), масса образца после пропитки и последующей сушки, масса вещества пропитки приведены в табл. 1.

Из приведенных результатов видно, что масло и карбамидоформальдегидная смола намного легче проникают в древесину по сравнению с КОС на основе полисилоксанов.

Для оценки влагопоглощения образцы выдерживались в эксикаторе над слоем воды. Измерение массы и размеров образцов проводилось в течение 50 сут. Результаты представлены в виде зависимости изменения влагосодержания (W) от времени, приведенной на рис. 1. Из графика видно, что меньше влаги поглощают образцы, пропитанные кремнийорганическими соединениями, а больше – поглощают образцы, пропитанные КФС-сополимером.

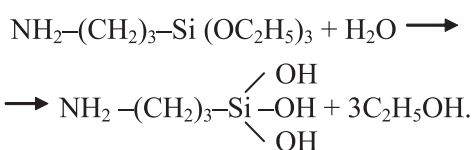
Изменение размеров экспериментальных пропитанных березовых образцов при влагопоглощении в радиальном и тангенциальном направлениях (Bp , Bm) приведены на рис. 2 и 3.

В табл. 2 приведены результаты относительного изменения $\Delta/l/l$ размеров (усушка) образцов.

Из полученных результатов видно, что наилучшими гидрофобными свойствами обладают образцы, пропитанные КОС. При этом из раствора ГКЖ-49 в уайтспирите удастся ввести в образцы древесины около 8,5 % КОС, а из раствора в гексане – около 6 %. Очевидно, что лучшая гидрофобность связана с большим содержанием КОС в образцах.

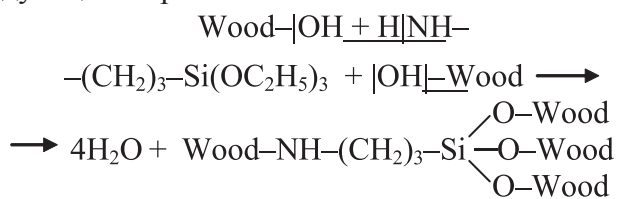
Вещество гексаметилсилан химически достаточно инертно, поэтому для дальнейших исследований использовали препарат КОС с большей реакционной способностью γ -аминопропилтриэтоксилан [8–10].

В водных растворах это вещество подвергается гидролизу по схеме



Такое активное КОС соединение может взаимодействовать с компонентами древесины с участием amino- и гидроксильных групп.

Взаимодействие может проходить следующим образом



где $Wood$ – целлюлозно-лигниновый древесинный остаток.

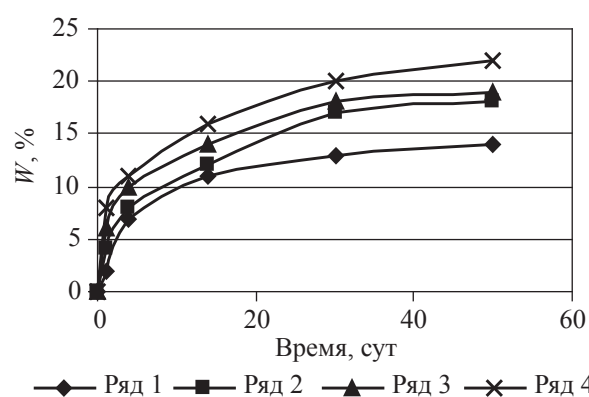


Рис. 1. Изменение степени влагопоглощения (W) пропитанных образцов березы во времени 1 – ГКЖ-49 в уайтспирите, 2 – ГКЖ-49 в гексане, 3 – в масле; 4 – в КФС-сополимере

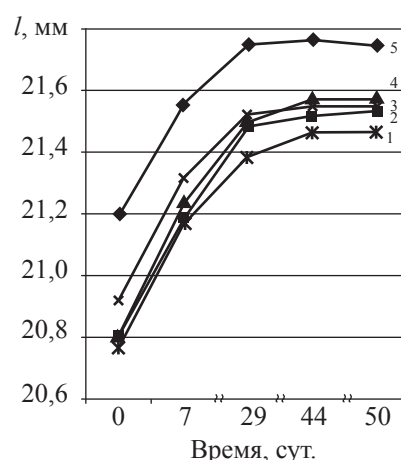


Рис. 2. Изменение линейных размеров образцов во времени при влагопоглощении в радиальном (Bp) направлении. Коэффициенты влагопоглощения $K Bp$ и $K Bm$ соответственно: 1 – без пропитки 3,4 и 6,8; 2 – в масле 3,0 и 6,1; 3 – КОС + гексан 3,7 и 6,5; 4 – КОС + уайтспирит 3,6 и 5,9; 5 – КФС сополимере 2,6 и 4,4

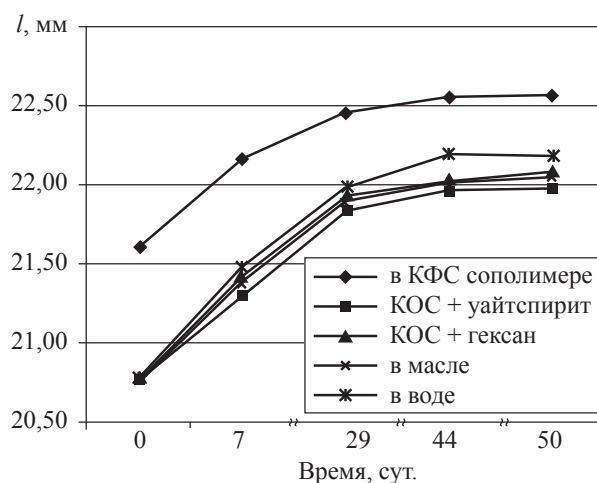


Рис. 3. Изменение линейных размеров образцов в тангенциальном (Bm) направлении при влагопоглощении от времени

Изменение размеров образцов березы, пропитанных в различных растворах, после равновесного водопоглощения и высушивания

Температура сушки °С	$\Delta//l$ радиальн.	$\Delta//l$ танг.	Среднее значение $\Delta//l$ по радиальному и тангенциальному направлениям
1 % раствор Z-6011			
104	4,02	6,60	5,31
140	3,70	6,50	5,10
Среднее в серии	3,86	6,55	5,21
5 % раствор Z-6011			
104	3,00	7,20	5,10
140	3,20	5,60	4,40
Среднее в серии	3,10	6,40	4,75
10 % раствор Z-6011			
104	3,30	5,80	4,55
140	3,80	5,70	4,75
Среднее в серии	3,55	5,75	4,65
Без пропитки			
104	4,60	10,50	7,55
140	4,10	10,50	7,30
Среднее в серии	4,35	10,50	7,43
В карбамидоформальдегидной смоле			
104	4,05	7,20	5,63
140	3,80	7,40	5,60
Среднее в серии	3,93	7,30	5,61
ГКЖ-49 в уайтспирите			
104	3,10	9,90	6,50
140	4,90	9,00	6,95
Среднее в серии	4,00	9,45	6,73
ГКЖ-49 в гексане			
104	4,60	11,20	7,90
140	5,50	8,60	7,05
Среднее в серии	5,05	9,90	7,48

Образцы древесины березы были пропитаны растворами Z-6011 с концентрациями в воде 1 %, 5 % и 10 % об. по описанной выше технологии. Из них приготовлены две партии образцов. Образцы первой партии высушивались при температуре 104 °С, а второй – при 140 °С. Затем образцы подвергались жестким испытаниям на водопоглощение. Для этого они помещались в дистиллированную воду, нагревались в СВЧ-печи до температуры кипения и выдерживались в воде при комнатной температуре в течение 20 ч. Затем проводились измерения массы и размеров образцов. Таким же испытаниям подвергались образцы из натуральной древесины, образцы, пропитанные в КФС-сополимере и КОС (ГКЖ-49).

В табл. 2 и на рис. 4 представлены результаты изменения размеров всех изученных

образцов в радиальном и тангенциальном направлениях, а также их средние значения.

В результате проведенных исследований было установлено, что наименьшее изменение размеров как в радиальном, так и в тангенциальном направлении наблюдалось у образцов, пропитанных препаратом Z-6011, что примерно на 40 % лучше, чем у образцов из натуральной древесины. Разница величин относительного изменения размеров образцов, пропитанных Z-6011, (при концентрациях КОС в растворе от 1 до 10 %) составляла 0,5–1 % и возрастала с 4,5 до 5,2 %. Образцы, пропитанные в КФС-сополимере, имели $\Delta//l$ ниже 6 %, а образцы, пропитанные КОС ГКЖ-49, обладали самыми высокими значениями $\Delta//l$, близкими к значениям, характерным для непропитанных образцов.

Повторная сушка образцов после их выдержки в кипящей воде при температу-

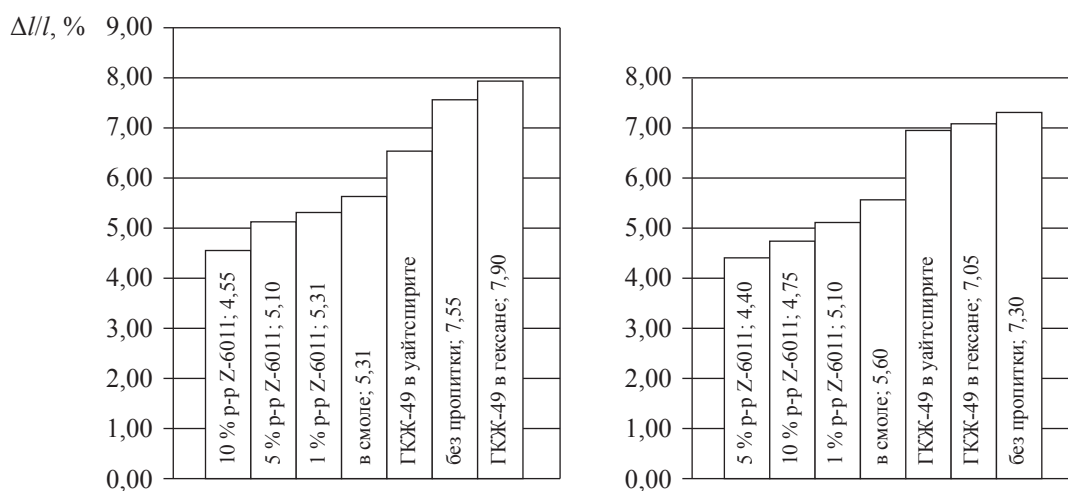


Рис. 4. Относительные изменения линейных размеров обработанных образцов березы после их выдержки в воде и высушивания при температуре (°C): а – 104, б – 140

рах 104 и 140 °C показала, что Δl/l образцов, пропитанных в растворах КФС-сополимера и Z-6011 практически одинаковы при обеих температурах. Δl/l образцов, пропитанных в растворах ГКЖ-49 в растворителях гексан и уайтспирит при 140 °C, сравнялись со значением для непропитанных образцов.

Можно предположить, что в нашем случае проявились два различных механизма. Во-первых, в случае КОС, ГКЖ-49 произошла адсорбция с образованием тонкой пленки на поверхности стенок древесных клеток и заполнением тонких капилляров древесины, что можно рассматривать как проявление адсорбции. Во-вторых, в случае образцов, пропитанных КФС-сополимером и препаратом Z-6011, очевидно, произошло химическое взаимодействие карбамидоформальдегидного сополимера КФС и КОС гамма-аминопропилтриэтоксисилана с компонентами древесины, т.е. так называемая «сшивка» полимера с древесиной с образованием армирующей сетки.

Исследования показали, что кремнийорганические соединения, содержащие активные гидроксильные и аминогруппы, являются перспективным классом соединений для модифицирования древесины мягких лиственных пород и позволяют улучшить как формоустойчивость, так и гидрофобность древесины.

Библиографический список

1. Неклюдов, А.Д. Консервация древесины как способ сохранения лесных ресурсов страны / А.Д. Не-

клюдов, А.Н. Иванкин // Экологические системы и приборы. – 2005. – № 5. – С. 3–11.

2. Неклюдов, А.Д. Консервация древесины – один из методов сохранения лесных богатств страны / А.Д. Неклюдов, А.Н. Иванкин // Вестник МГУЛ–Лесной вестник. – 2005. – № 2. – С. 77–89.
3. Шамаев, В.А. Химико-механическое модифицирование древесины / В.А. Шамаев. – Воронеж: ВГЛТА. – 2003. – 260 с.
4. Расев, А.И. Сушка древесины / А.И. Расев – СПб.: Лань, 2010. – 416 с.
5. Владимирова, Е.Г. Влияние термической модификации на некоторые физико-механические свойства древесины сосны *Pinus sylvestris* / Е.Г. Владимирова // Вестник МГУЛ–Лесной вестник. – 2012. – № 5. – С. 97–102.
6. Покровская, Е.Н. Химико-физические основы увеличения долговечности древесины. Сохранение памятников деревянного зодчества с помощью элементарорганических соединений / Е.Н. Покровская. – М.: АСВ, 2003. – 100 с.
7. Покровская, Е.Н. Физическая химия. Химия атмосферы. Химия в реставрации / Е.Н. Покровская. – М.: Ассоц. строит. вузов, 2006. – 88 с.
8. Rzaev, Z.M.O. Reactions of some anhydride-containing copolymers with γ -aminopropyltriethoxysilane / Z.M.O Rzaev, A Gьner, H.K Can, A Asici // Polymer. – 2001. – V. 42. – № 13. – P. 5599 – 5606.
9. Liu, J.G. Electrochemical characteristics of corrosion behavior of organic composite systems pretreated with gamma-aminopropyltriethoxysilane / J.G. Liu, C.W. Yan // Surface and Coatings Technology. – 2006. – V. 200. – № 16–17. – P. 4976 – 4986.
10. Roche, V. Tracking the fate of γ -aminopropyltriethoxysilane from the sol state to the dried film state / V. Roche, F.X. Perrin, D. Gignes, F. Vacandio, F. Ziarelli, D. Bertin // Thin Solid Films. – 2010. – V. 518. – № 14. – P. 3640 – 3645.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОПИТКИ ДРЕВЕСИНЫ ЖИДКОСТЬЮ

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

gubanova@freemail.ru

В настоящее время в области использования древесины на первый план выдвигаются задачи получения материалов из древесины с заданными свойствами, поскольку древесина является единственным природным возобновляемым материалом. Модифицированная древесина является полноценным заменителем древесины твердых лиственных и экзотических пород, пластмасс, черных и цветных металлов при изготовлении подшипников скольжения. Получение материалов для подшипников скольжения состоит из ряда последовательных стадий, важнейшей из которых является пропитка древесины мягких лиственных и хвойных пород антифрикционными составами.

Целью данной работы явилось изучение механизма проникновения жидкости в древесину и установление влияния основных параметров процесса пропитки (температура, давление) на эффективность пропитки.

В работе использована общепринятая стратегия теоретического исследования, которая состоит из следующих этапов:

- проверка работоспособности модели;
- изучение стадий и механизма пропитки древесины хвойных и лиственных пород;
- изучение влияния каждого из параметров на эффективность пропитки (при фиксированных значениях остальных параметров);
- оптимизация параметров процесса пропитки и пропитывающей жидкости.

Для проверки работоспособности модели пропитки древесины были проведены компьютерные эксперименты с моделью, в процессе которых жидкость двигалась по сосудам древесины, перетекая из сосуда в сосуд по порам. Таким образом, происходящие в модели процессы хорошо согласуются с представлениями о механизме пропитки древесины.

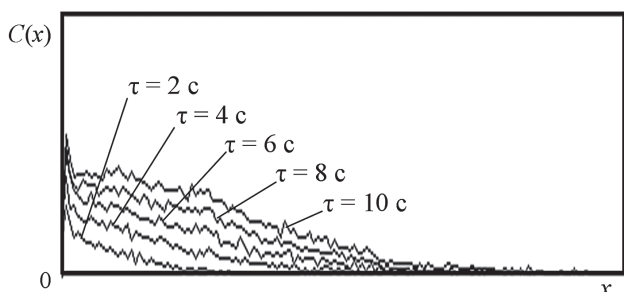


Рис. 1. Изменение концентрации пропитывающей жидкости вдоль модельного фрагмента сосны с течением времени

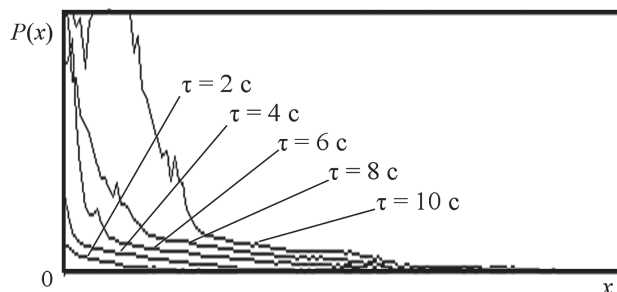


Рис. 2. Изменение давления пропитывающей жидкости вдоль модельного фрагмента сосны с течением времени

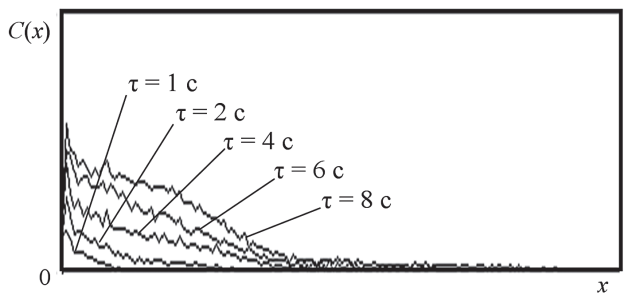


Рис. 3. Изменение концентрации пропитывающей жидкости вдоль модельного фрагмента дуба с течением времени

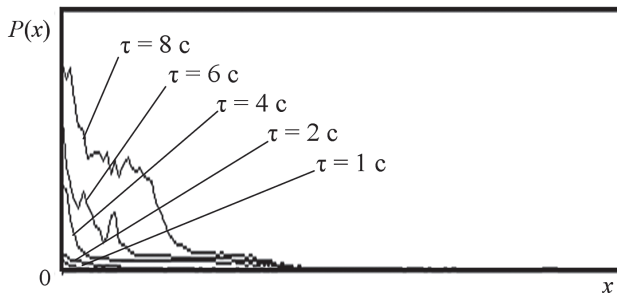


Рис. 4. Изменение давления пропитывающей жидкости вдоль модельного фрагмента дуба с течением времени

Так как фрагмент древесины в модели имеет незначительную протяженность вдоль направления пропитки (порядка 100 мкм), модель наиболее точно позволяет исследовать начальные стадии пропитки.

Анализируя заполнение жидкостью фрагмента структуры сосны с течением времени, можно убедиться, что с увеличением диаметра сосуда d_c жидкость движется быстрее, при этом зависимость приблизительно следующая

$$v_{ж} = v_0 + \beta \sqrt{d_c},$$

где $v_{ж}$ – скорость движения жидкости;

v_0 – скорость движения жидкости в самом малом сосуде;

β – коэффициент пропорциональности.

Объем жидкости, переходящей в соседние сосуды, составляет приблизительно 15 % от жидкости, движущейся вдоль сосуда.

Несмотря на то, что положение фронта жидкости зависит от диаметра сосуда, масса жидкости, находящейся в сосудах, практически не зависит от диаметра (за исключением очень малых диаметров сосудов поздней зоны). По-видимому, чем меньше диаметр сосуда, тем больше давление в нем, и жидкость находится в более сплошном состоянии.

Анализ профилей концентрации жидкости вдоль направления пропитки (рис. 1) показывает, что даже несмотря на то, что постепенно фрагмент древесины заполняется жидкостью, массовая концентрация уменьшается в направлении пропитки по приблизительно линейному закону.

При движении жидкости, вблизи фронта жидкости, существуют несколько характерных давлений (рис. 2). Первое характерное давление P_1 (самое малое) заставляет жидкость двигаться свободно вдоль сосуда.

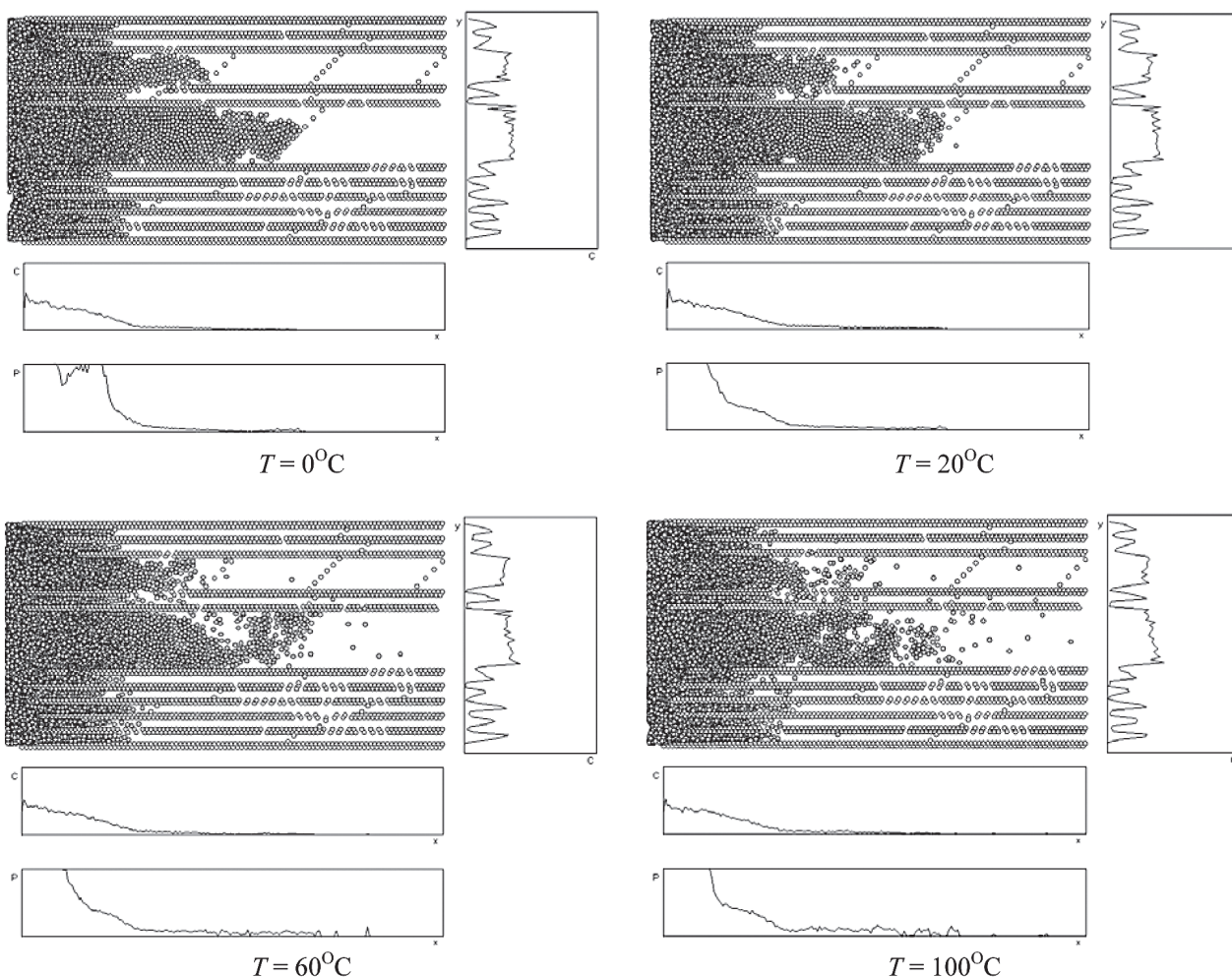


Рис. 5. Изменение скорости пропитки модельного фрагмента дуба в зависимости от температуры

Второе характерное давление P_2 заставляет жидкость протекать через поры.

Лиственные породы древесины имеют другую микроскопическую структуру, поэтому пропитка древесины лиственных пород происходит несколько по-другому.

На основе модели определим влияние температуры пропитывающей жидкости на эффективность пропитки. С увеличением температуры увеличивается пропускание жидкости через поры и лестничную перфорацию, однако скорость движения вдоль сосудов практически не изменяется. В целом же, за счет улучшения пропускания через малые отверстия, увеличение температуры пропитывающей жидкости увеличивает скорость пропитки древесины.

По итогам работы можно сделать следующие выводы.

1. При моделировании процесса пропитки древесины хвойных пород (сосны) жидкость распространяется по сосудам, перетекая из сосуда в параллельные сосуды через окаймленные поры.

2. При моделировании процесса пропитки древесины лиственных пород (дуба) жидкость распространяется в основном по крупным сосудам ранней зоны, перетекая из сосуда в сосуд через поры и лестничную перфорацию.

3. При пропитке сосны около 85 % жидкости движется вдоль сосудов, а оставшиеся 15 % переходят в соседние незаполненные сосуды.

4. При движении жидкости, вблизи фронта жидкости, существуют несколько характерных давлений. Первое характерное

давление P_1 (самое малое) заставляет жидкость двигаться свободно вдоль сосуда. Второе характерное давление P_2 заставляет жидкость протекать через поры.

5. С увеличением температуры пропитывающей жидкости увеличивается скорость пропитки древесины.

6. При одном и том же потоке подаваемой жидкости давление в зоне подачи существенно снижается с увеличением температуры.

Библиографический список

1. Гулд, Х. Компьютерное моделирование в физике / Х. Гулд, Я. Тобочник. – М.: Мир, 1990. – Т. 2. – 400 с.
2. Зенкевич, О.С. Метод конечных элементов в теории сооружений и в механике сплошной среды / О.С. Зенкевич, И. Чанг. – М.: Недра, 1974. – 238 с.
3. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. 2-е изд. / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.
4. Советов, Б.Я. Моделирование систем : учеб. пособие для студентов вузов / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высш. шк., 1998. – 319 с.
5. Хеерман, Д.В. Методы компьютерного эксперимента в теоретической физике / Д.В. Хеерман. – М.: Наука, 1990. – 176 с.
6. Шамаев, В.А. Модифицирование древесины: учеб. пособие для студентов вузов / В.А. Шамаев. – Воронеж: ВГЛТА, 2005. – 197 с.
7. Шамаев, В.А. Модифицирование древесины : учеб. пособие для студентов вузов / В.А. Шамаев. – Воронеж: ВГЛТА, 2007. – 385 с.
8. Шамаев, В.А. Подшипники скольжения из модифицированной древесины / В.А. Шамаев // Вестник машиностроения. – 2010. – № 7. – С. 62–68.
9. Экштайн, В. Компьютерное моделирование взаимодействия частиц с поверхностью твердого тела / В. Экштайн. – М.: Мир, 1995. – 321 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕРМИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ

Е.С. ШАРАПОВ, доц. каф. деревообрабатывающих производств ПГТУ, канд. техн. наук,
KARL-CHRISTIAN MAHNERT, каф. биологии древесины и древесных продуктов, университет Георга-Августа, Германия,
А.С. КОРОЛЕВ, магистрант каф. деревообрабатывающих производств ПГТУ

sharapov_evgeniy@mail.ru

Основными преимуществами термически модифицированной древесины (ТМД) по сравнению с ее аналогами являются экологичность и высокая биологическая стойкость материала. Однако, как установлено исследователями, процесс термической обработки

гичность и высокая биологическая стойкость материала. Однако, как установлено исследователями, процесс термической обработки

сопровождается изменением механических свойств древесины [1, 2, 5–11].

Многие ученые отмечают незначительное увеличение статистического модуля упругости после термической обработки древесины, однако с увеличением времени обработки данный показатель снижается. Изменение статистического модуля упругости зависит также и от максимальной температуры процесса и ее производной – потери массы. Значимое изменение модуля упругости наблюдалось лишь при потере массы 8 % и более [6]. Предел прочности при статическом изгибе снижается с начала процесса обработки и зависит от продолжительности и температуры обработки. Важным параметром является влажность древесины, при этом изменение механических свойств в условиях процесса термической модификации сухой древесины не так значительно, как по сравнению с влажной [6].

В работе [7] представлены результаты исследований механических свойств термически модифицированной древесины разных пород. Установлено, что снижение предела прочности при статическом изгибе происходит интенсивнее, чем статического модуля упругости для многих пород.

Исследования свойств ТМД по технологии «*ThermoWood*» выявили незначительное повышение значений модуля статической упругости и предела прочности при статическом изгибе при температурах обработки от 100 °С до 160 °С. Однако при увеличении максимальной температуры обработки до 240 °С данные значения понижались [8].

В работе [9] показано, что с увеличением температуры и времени термической обработки наблюдалось снижение величин модуля статической упругости и предела прочности при статическом изгибе образцов сосны в диапазоне температур от 130 °С до 230 °С.

Древесина, термически модифицированная по технологии «*Plato*», как отмечают исследователи, имеет пониженные значения пределов прочности при статическом изгибе при незначительном увеличении модулей статической упругости. Резко снижается пре-

дел прочности на растяжение вдоль волокон, снижается предел прочности при скалывании древесины вдоль волокон, однако повышаются значения таких параметров, как предел прочности при сжатии вдоль волокон и статическая твердость. Отмечается, что важным параметром, влияющим на механические свойства термически обработанной древесины, является влажность [10,11].

Исследованию свойств термически модифицированной древесины в настоящее время посвящены некоторые работы и в нашей стране, в частности, в [1] определено влияние процесса модификации на некоторые физико-механические свойства. Исследованию процессов термической модификации посвящены многие работы коллектива ученых Казанского национального исследовательского технологического университета. Ведется изучение процессов обработки термически модифицированной древесины резанием [2].

Цель исследований – определение взаимодействия статического модуля упругости и предела прочности при статическом изгибе, а также изменение данных величин в условиях процесса циклического нагружения образцов термически модифицированной древесины сосны.

Используемое оборудование и инструмент. Штангенциркуль нониусный (цена деления 0.1 мм), весы электронные *Precisa ES2220M* (точность 0.001 гр.), микрометр *Mitutoyo ID-C150RB* (точность 0,003 мм), влагомер индуктивный *FMW-B*, климатическая камера *Binder KBF-240*, сушильный шкаф *Binder ED-240*, универсальная разрывная машина *Zwick Z010*, пароконвекционная камера *UNOX*, экспериментальная лабораторная установка для исследования процесса циклического нагружения материалов.

Методика экспериментальных исследований. Исследуемые образцы изготавливались из заболонной части одного лесоматериала сосны (*Pinus sylvestris*), сечением 10x10x150 мм, 400 штук. Осуществлялось их кондиционирование до нормализованной влажности в климатической камере *Binder KBF-240*. Определение статических модулей упругости и предела прочности при статичес-

ком изгибе проводилось на универсальной разрывной машине *Zwick Z010* (рис. 1, слева) согласно *DIN 52186(68)*. Предварительные экспериментальные исследования статического модуля упругости и предела прочности образцов при статическом изгибе на универсальной разрывной машине показали большой разброс выходных величин. В связи с этим образцы разделялись на три группы по статическому модулю упругости E , Н/мм²: 1) 5200–8000, 2) 8001–10500, 3) 10501–13000.

Согласно отбору по величине модуля упругости из обозначенных групп образцов выделены 4 подгруппы: немодифицированные образцы и образцы, прошедшие термическую модификацию при максимальных температурах процесса в 180 °С, 200 °С и 220 °С. С целью повышения точности эксперимента в отдельную группу выделялись образцы для определения потери массы после процесса термической модификации. Сушка образцов до абсолютно сухого состояния осуществлялась до и после процесса модификации в сушильном шкафу *Binder ED-240*, ГОСТ 16483.7-71. Процесс термической модификации проходил в специализированной пароконвекционной камере в среде перегретого пара в соответствии с технологической схемой процесса [8]. После модификации образцы снова кондиционировались до нормализованной влажности. Затем определялись статический модуль упругости и предел прочности при статическом изгибе.

Результаты исследований, выводы. Образцы, предназначенные для установления величины потери массы, после сушки до абсолютно сухого состояния, установления их массы и модификации при выбранных максимальных температурах процессов снова высушивались и взвешивались. *Box plot* график (*Statistica*) изменения величины потери массы образцов представлен на рис. 2 (слева). Результаты исследований статического модуля упругости и предела прочности при статическом изгибе представлены на *Box plot* графиках рис. 3.

При сравнении средних значений статических модулей упругости образцов до и после процесса термической модификации

для всех режимов (максимальных температур) обработки можно сделать вывод о том, что изменение величины модуля упругости статистически незначимо для всех групп образцов, чего нельзя сказать о пределе прочности при статическом изгибе (рис. 3).

Взаимодействие величин статического модуля упругости и предела прочности при статическом изгибе немодифицированных образцов, нормализованная влажность $W=10.7\%$: $\sigma = 41,624474 + E \cdot 0,0053097782$ ($R^2=0.839$, скорректир. $R^2=0.835$, стандартная ошибка аппроксимации 4.654, F -статистика 406.962 (при $P=0.00000$)), модель и ее коэффициенты значимы (рис. 4, слева). Взаимодействие величины статического модуля упругости и предела прочности при статическом изгибе модифицированных образцов при максимальной температуре 180 °С, нормализованная влажность $W=10.3\%$: $\sigma = 16,98978 + E \cdot 0,0075813221$ ($R^2=0.851$, скорректир. $R^2=0.841$, стандартная ошибка аппроксимации 5.755, F -статистика 176.578 (при $P=0.00000$)), модель и ее коэффициенты значимы (рис. 4, справа).

Взаимодействие величин статического модуля упругости и предела прочности при статическом изгибе модифицированных образцов при максимальной температуре 200 °С, нормализованная влажность $W=8.4\%$: $\sigma = 6,867519438 + E \cdot 0,008525970$ ($R^2=0.876$, скорректир. $R^2=0.870$, стандартная ошибка аппроксимации 5.927, F -статистика 326.138 (при $P=0.00000$)), модель и коэффициент при X значимы (рис. 5, слева). Взаимодействие величин статического модуля упругости и предела прочности при статическом изгибе модифицированных образцов при максимальной температуре обработки в 220 °С, нормализованная влажность $W=8.4\%$: $\sigma = 8,389810015 + E \cdot 0,006750954$ ($R^2=0.8501$, скорректир. $R^2=0.841$, стандартная ошибка аппроксимации 5.755, F -статистика 176.578 (при $P=0.00000$)), модель и ее коэффициенты значимы (рис. 5, справа). Средние значения предела прочности образцов по группам при статическом изгибе представлены на поверхности рис.2 (справа), $\sigma = -188,028515 + 3,401057583(\ln E)^2 - 1,65e - 06 \cdot T^3$ ($R^2=0.907$,

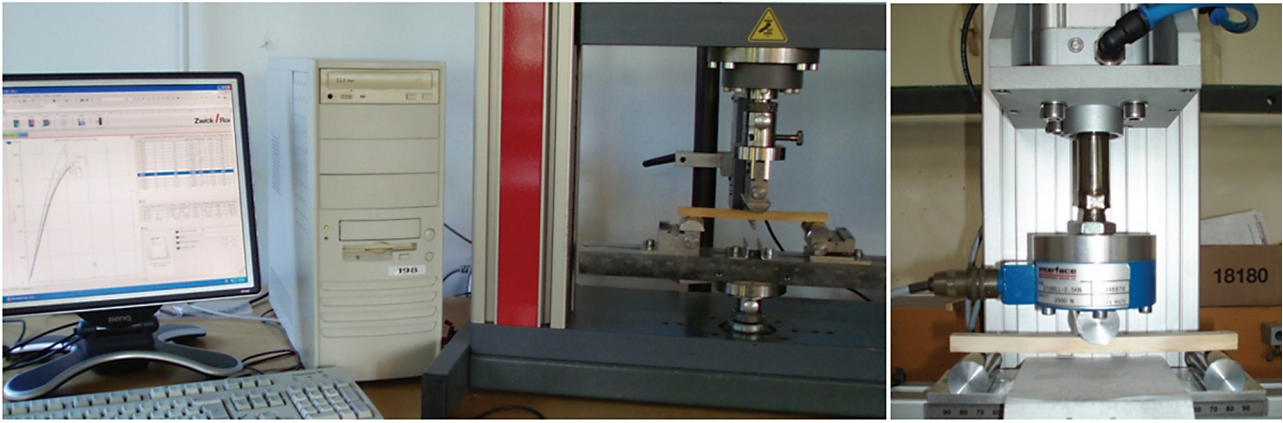


Рис. 1. Универсальная разрывная машина Zwick Z010 (слева), лабораторная установка для исследования процесса циклического нагружения материалов (справа), каф. биологии древесины и древесных продуктов, университет Георга-Августа, Германия (*Abteilung Holzbiologie und Holzprodukte, Georg-August-Universität Göttingen*)

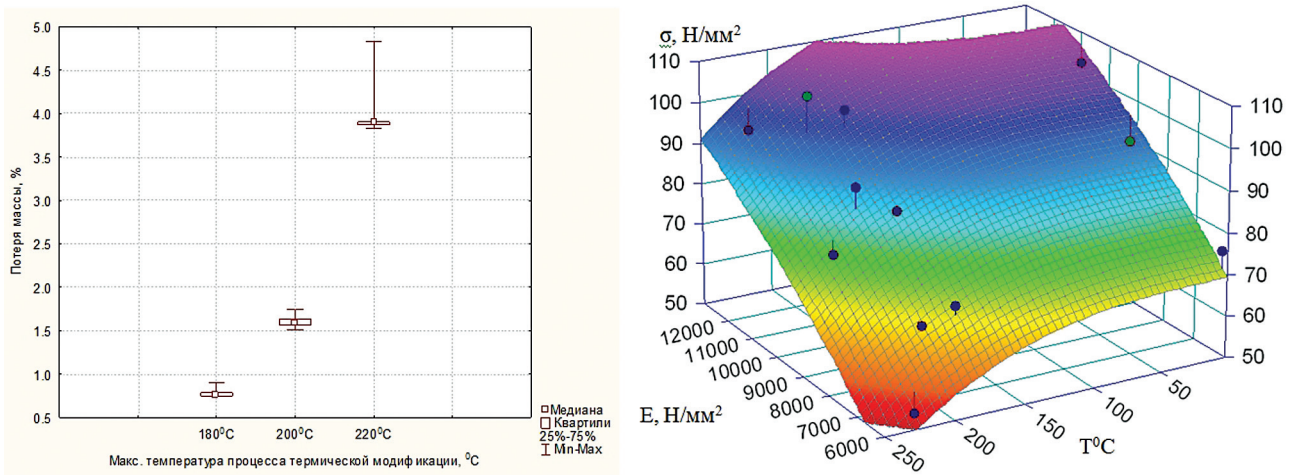


Рис. 2. Изменение потери массы образцов, % при варьировании максимальной температуры процесса термической модификации (слева); зависимость изменения предела прочности при статическом изгибе σ , Н/мм² (усредненные значения по группам) от максимальной температуры процесса термической модификации T , °С и статического модуля упругости E , Н/мм² (справа)

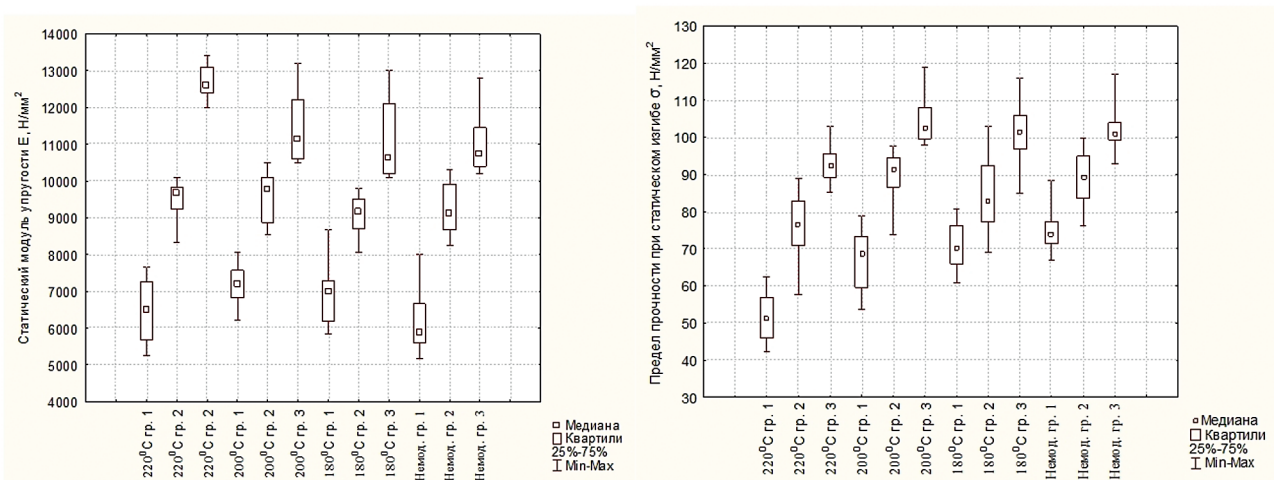


Рис. 3. Значения статического модуля упругости (слева) и предела прочности при статическом изгибе различных групп образцов (справа)

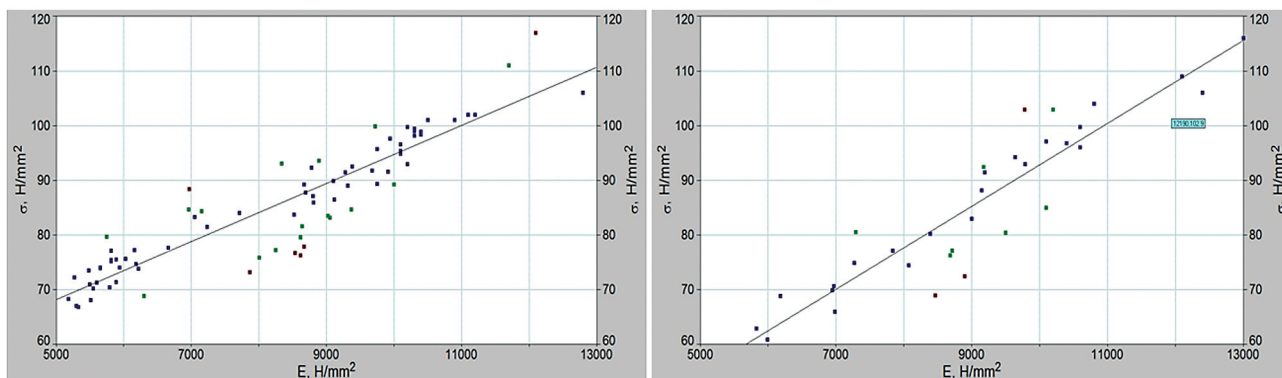


Рис. 4. Взаимосвязь статического модуля упругости и предела прочности при статическом изгибе немодифицированных образцов (слева), модифицированных при максимальной температуре 180 °С (справа)

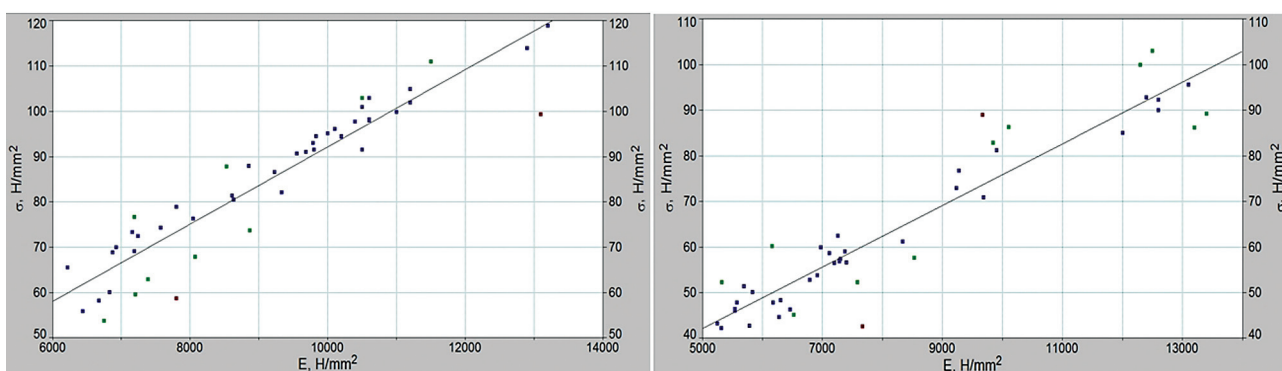


Рис. 5. Взаимосвязь статического модуля упругости и предела прочности при статическом изгибе образцов, модифицированных при максимальной температуре 200 °С (слева), модифицированных при максимальной температуре 220 °С (справа)

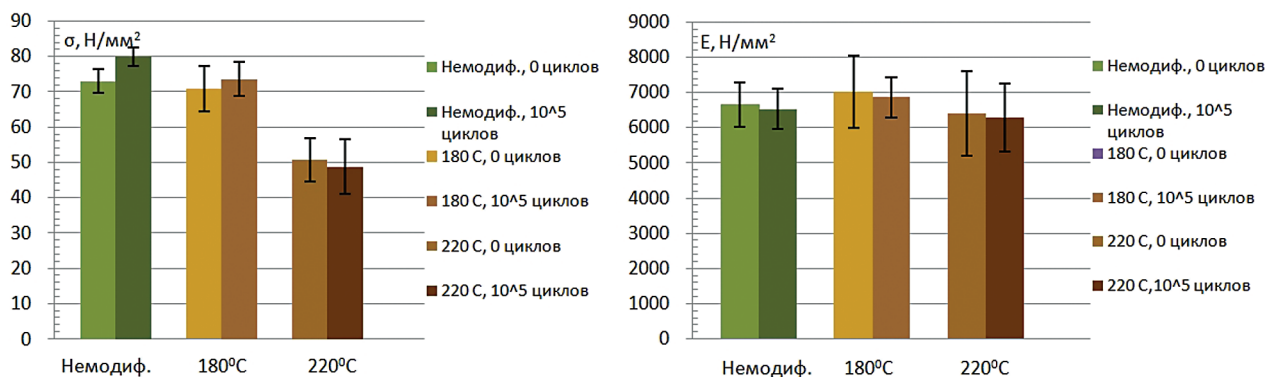


Рис. 6. Средние значения статического модуля упругости (справа) и предела прочности при статическом изгибе (слева) для образцов до и после процесса циклического нагружения

скорректир. $R^2=0.872$, стандартная ошибка аппроксимации 5.461, F -статистика 44.0996 (при $P = 0,00002$), модель и ее коэффициенты значимы.

Наблюдается высокая степень взаимосвязи между статическим модулем упругости

и пределом прочности при статическом изгибе для всех подгрупп образцов (рис. 4, 5). Общие данные изменения предела прочности при статическом изгибе представлены на поверхности отклика рис. 2 (справа), для всех образцов характерно снижение предела про-

чности при повышении температуры процесса термической модификации. Однако больший интерес представляет то, что падение выходной величины для образцов с исходно более низкими статическими модулями упругости происходит интенсивнее. Т.е. менее прочные образцы сосны (учитывая связь между статическим модулем упругости и пределом прочности при статическом изгибе и методику отбора, изготовления образцов) «теряли» прочность интенсивнее с учетом повышения максимальной температуры обработки. В этой связи результаты исследований представляют интерес для обоснования выбора исходного материала для процесса термической модификации, основным минусом которого является снижение некоторых механических свойств древесины.

Исследованию процессов циклического нагружения древесины и древесных материалов посвящен ряд работ отечественных и зарубежных исследователей, хотя в настоящее время работы в этом направлении ведутся незначительные и результаты исследований можно найти лишь в некоторых зарубежных научных изданиях. Большие исследования проведены в области выносливости металлов [3]. Следует отметить, что функция изменения циклической нагрузки не оказывает существенного влияния на выносливость испытываемых образцов, важными параметрами являются величины максимального и минимального напряжения цикла, кратковременные перегрузки (увеличение максимального напряжения) [3, 4]. Аналогичные результаты получены в работе [13], при этом критерием выносливости выступает среднее значение напряжения цикла.

Физическую сущность поведения древесины как анизотропного материала в процессе циклического нагружения можно объяснить наличием микротрещин, а также их появлением с течением времени. Крайние точки микротрещин концентрируют нагрузку при напряжениях с течением времени. С увеличением количества циклов напряжений наблюдается увеличение количества и размеров трещин и происходит внезапное разрушение образца [3, 4, 12]. Кривые усталости (кривые

выносливости, кривые Веллера, *A. Wöhler*, 1870) показывают, что с увеличением числа циклов уменьшается максимальное напряжение, при котором происходит разрушение материала [3, 12, 15]. Средняя величина предела выносливости для древесины равна примерно 20 % от статического предела ее прочности. Изменение частоты колебаний напряжений в пределах от 1 до 50 Гц не оказывает влияния на величину предела выносливости [4].

Для определения изменения величин статического модуля упругости и предела прочности при статическом изгибе в условиях процесса циклического нагружения термически модифицированных образцов из общего числа были отобраны образцы из первой группы. Процесс нагружения осуществлялся на лабораторной экспериментальной установке (рис. 1, справа). Использовался знакопостоянный асимметричный цикл с максимальной величиной нагружения в 50 % от предельных величин нагружений, полученных экспериментально при однократном статическом изгибе (164 Н для немодифицированной древесины, 150 Н для модифицированной при максимальной температуре 180 °С, 105 Н для модифицированных образцов при максимальной температуре 220 °С). Для предотвращения смещения образцов в процессе исследования минимальное значение нагружения цикла равнялось 25 Н, количество циклов 10^5 , частота колебаний напряжений 20 Гц, испытывались образцы сосны, кондиционированные до нормализованной влажности.

Задачей исследования являлось установление влияния циклических напряжений на изменение статического модуля упругости и предела прочности при статическом изгибе термически модифицированных образцов сосны.

На рис. 1.6 представлены средние значения и стандартные отклонения исследуемых величин для групп немодифицированных образцов и образцов, прошедших процесс термической модификации при максимальных температурах в 180 °С и 220 °С. На основании сравнения средних величин по критериям Манна-Уитни и двухвыборочно-му критерию Колмогорова-Смирнова можно

сделать вывод о том, что в заданном диапазоне количество циклов нагружений не оказывает статистически значимого воздействия на величину статического модуля упругости как немодифицированных, так и модифицированных образцов. Что касается предела прочности при статическом изгибе, то значимые отличия наблюдаются только у немодифицированных образцов, при этом происходит незначительное повышение предела прочности после циклических напряжений. На первый взгляд, немодифицированные образцы и образцы, прошедшие термообработку при «низких» температурах, после циклических напряжений незначительно стали прочнее, однако для того, чтобы это утверждать, безусловно, требуется большее число опытов, увеличение числа и диапазона варьирования входных факторов.

Итоги работы. Получены зависимости взаимодействия величин статического модуля упругости и предела прочности при статическом изгибе немодифицированных образцов древесины сосны (*Pinus sylvestris*) и образцов, прошедших процесс термической модификации при максимальных температурах в 180 °С, 200 °С и 220 °С. Выявлена высокая степень взаимосвязи между статическим модулем упругости и пределом прочности при статическом изгибе ТМД. При этом уменьшение величины предела прочности после термической обработки для образцов с исходно более низкими статическими модулями упругости происходит интенсивнее. Проведены экспериментальные исследования процесса циклического нагружения термически модифицированных образцов древесины сосны. Проанализированы изменения значений статического модуля упругости и предела прочности при статическом изгибе после процесса циклического нагружения. Проведенное количество циклов нагружений не оказывает статистически значимого воздействия на величину статического модуля упругости как немодифицированных, так и модифицированных образцов. Значимые изменения после процесса циклического нагружения в сторону повышения предела прочности при стати-

ческом изгибе наблюдались у немодифицированных образцов сосны.

Библиографический список

1. Владимирова, Е.Г. Технология производства заготовок из термически модифицированной древесины: дис. ... канд. техн. наук / Е.Г. Владимирова. – М., 2012. – 22 с.
2. Шарапов, Е.С. Экспериментальные исследования процесса резания термически модифицированной древесины березы / Е.С. Шарапов, Е.Ю. Разумов, А.С. Королев и др. // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2011. – № 3. – С. 125–128.
3. Дарков, А.В. Сопrotивление материалов / А.В. Дарков, А.С. Шпиро. – М.: Высшая школа, 1989. – 624 с.
4. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: Уч. для лесотехнич. вузов. Изд. 3-е, перераб. и доп / Б.Н. Уголев. – М.: МГУЛ, 2001. – 340 с.
5. Militz, H. (2002). Thermal Treatment of Wood: European Processes and Their Background. IRG/WP 02-40241, 33rd Annual Meeting, 12–17 May, Cardiff-Wales, 4: 1–17.
6. Hill, C.A.S. (2006). Wood modification – chemical, thermal and other processes. Chichester, UK: John Wiley and Sons.
7. Jun Li Shi, Kocaeefe, D., Zhang, J. (2007). Mechanical behavior of Quebec wood species heat-treated using ThermoWood process. Holz als Roh- und Werkstoff 65: 255–259.
8. Finnish Thermo Wood Association (2003). ThermoWood Handbook. Helsinki, Finland.
9. Saim Ates, Hakan M., Akyildiz, Hasan Ozdemir (2009). Effects of heat treatment on calabrian pine (*pinusbrutia ten.*) wood, BioResources 4(3), 1032–1043.
10. Boonstra, M. J. (2008). A two-stage thermal modification of wood. Ph.D. dissertation in cosupervision Ghent University and Universitй Henry Poincarй – Nancy 1,297 p.
11. Boonstra, M. J., Van Acker, J., Pizzi, A (2007). Anatomical and molecular reasons for property changes of wood after full-scale industrial heat treatment. Paper of the 3th European conference on wood modification ECWM3 Cardiff, 15–17 October 2007.
12. Nielsen, L. Fuglsand «Fatigue of viscoelastic materials such as wood with overload», Report R (195), Dept. of Struct. Eng. And Materials, Tech. Univ. Denmark.
13. Liu, J. Y., J. J. Zahn, and E. L. Schaffer 1994: Reaction rate model for the strength of wood. Wood and Fiber Science 26 (1): 3–10.
14. Bao, Z., C. Eckelman and H. Gibson. «Fatigue strength and allowable design stresses for some wood composites used in furniture», Holz als Roh- und Werkstoff, 54 (1996), 377–382.

КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ

М.А. ГОРЕШНЕВ, *асп. каф. техники и электрофизики высоких напряжений Томского ПУ,*

А.Н. КАЗАРИН, *инженер ООО «Газпром ТрансГаз Томск»,*

В.В. ЛОПАТИН, *проф. института физики высоких технологий, д-р физ.-мат. наук,*

Ф.Г. СЕКИСОВ, *с. н. с. института физики высоких технологий, канд. техн. наук,*

О.В. СМЕРДОВ, *с. н. с. института физики высоких технологий, канд. техн. наук*

goreshnev@tpu.ru, aleksk2006@mail.ru, lopatin@hvd.tpu.ru, lab3@hvd.tpu.ru, leko@tpu.ru

Сушка древесины является энергоемким процессом, затраты на который составляют до 30 % от стоимости сухих пиломатериалов. Основной технологической проблемой сушки древесины является неоднородное распределение по объему заготовки полей влажности и температуры, которые формируют внутренние механические напряжения и вызывают растрескивание [1].

Для нагрева древесины, при ускоренной сушке, используется тепловая энергия и электромагнитное излучение. Экономически на деревообрабатывающих предприятиях целесообразно использование тепловой энергии, полученной при сжигании древесных отходов, однако в этих условиях сложно получить равномерное распределение влажности по объему материала. Например, при кондуктивном (контактная сушка или сушка в жидкости) и конвективном [2, 3] нагреве можно добиться достаточно равномерного распределения температуры и влажности по объему штабеля. Однако по толщине заготовки древесина прогревается неравномерно,

что приводит к градиенту температуры и влажности, что формирует вызывающие растрескивание поля механических напряжений и деформаций.

Снизить внутренние напряжения, интенсифицировать объемный нагрев и удаление влаги из центральной части заготовок древесины можно за счет диэлектрических и резистивных потерь при воздействии электромагнитного поля в высокочастотном (ВЧ) (10^4 – 10^6 Гц) и сверхвысокочастотном (СВЧ) (более 10^9 Гц) диапазонах [4]. Применение СВЧ-сушки в промышленности ограничено из-за высоких затрат электроэнергии и стоимости оборудования, а также трудностей согласования силового контура с меняющимися в процессе сушки электрофизическими параметрами древесины. Методы объемной сушки без перевода влаги в паровую фазу, такие как электроосмос [5] и центрифугирование [6], мало перспективны для промышленного применения. Скорость влагоудаления значительно увеличивается при вакуумной [7] и декомпрессионной [8] сушках, в кото-

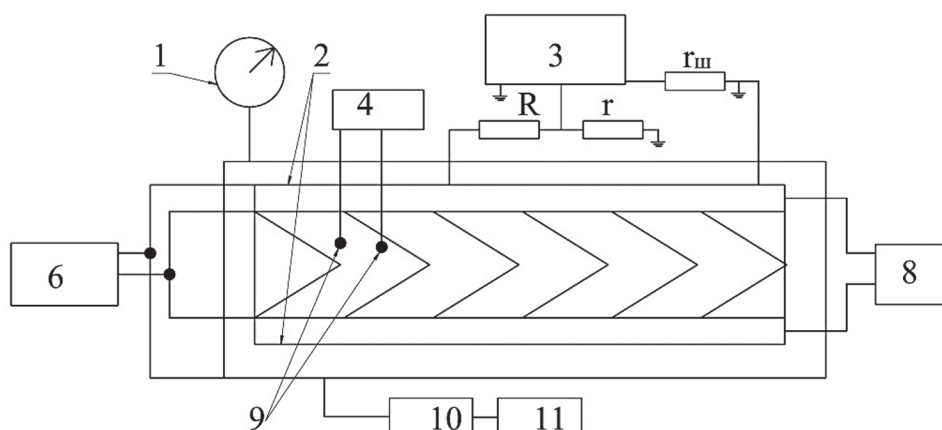


Рис. 1. Блок-схема установки для сушки древесины: 1 – мановакуумметр; 2 – электроды; 3 – осциллограф; 4 – измеритель температуры; 5 – стальная камера; 6 – трансформатор для нагрева электродов; 7 – образец древесины; 8 – источник высокого высокочастотного напряжения; 9 – терморазрывы; 10 – конденсор пара и сборник влаги; 11 – вакуумный насос

рых температура кипения влаги в капиллярах уменьшается за счет снижения давления в сушильной камере. Но и при этом трудно ожидать снижения градиентов температуры и влажности по толщине заготовки.

Снизить градиент температуры и влажности по толщине заготовки при ускоренной сушке можно использованием комбинированного способа введения тепловой энергии: через контакт пиломатериала с нагревателями кондуктивным способом и в объем заготовки за счет резистивных и диэлектрических потерь ВЧ электромагнитного поля. Кроме того, применение комбинированного способа нагрева в камере при пониженном давлении должно позволить снизить время сушки и производственные затраты при минимизации растрескивания древесины.

Целью работы является исследования распределения влажности и температуры при сушке древесины кондуктивным, ВЧ электромагнитным полем и комбинированном способах нагрева.

Исследования сушки древесины проводились на установке, блок-схема которой представлена на рис. 1.

Цилиндрическая вакуумная камера (5), объемом 0,06 м³, откачивалась водокольцевым насосом НВВ–50 (11) до давления 10⁴Па. В качестве источника высоковольтного высокочастотного напряжения (8) использовался генератор синусоидального напряжения до 2000В с частотой от 50 кГц до 100 кГц (8). Напряжение и частота генератора менялись в зависимости от электрических параметров нагрузки, определяемых диэлектрическими свойствами исследуемых пиломатериалов. Камера оборудована электродами (2), нагреваемыми от лабораторного автотрансформатора (6). Тепловая мощность определялась как Джоулевы потери по произведению тока в цепи (6) на напряжения. Electroды выполнены в виде двух металлических пластин шириной 150 мм и длиной 350 мм, между которыми расположена спираль, изготовленная из нихромовой проволоки диаметром 0,1 мм. Electroды также соединены с ВЧ генератором (8).

Поглощенная энергия высокочастотного электромагнитного поля определялась

интегрированием произведения мгновенных значений тока и напряжения. Напряжение и ток ВЧ генератора регистрировались с помощью резистивного делителя напряжения $R-r$ и шунта $r_{ш}$. двухлучевым осциллографом *Tektronix B100* (3).

Экспериментальные образцы размером 50×150×350 мм (7) изготавливались из объемно пропитанной древесины березы и выбирались из одной доски. Начальная влажность образцов составляла 95 %. Для сохранения влажности образцы упаковывались в герметичную тару. Заготовки из древесины помещались между плоскими подогревными электродами (2), на которые подавалось высокочастотное напряжение. Измерение влажности образцов производилось послойно и объемно по ГОСТ 16588-79 сушильно-весовым методом. Погрешность измерения не превышала 10 %. Температура в центре и у поверхности образца измерялась с помощью хромель-копелевых термопар (9).

Опыты проводились в трех режимах:

– сушка кондуктивным способом при мощности подводимой тепловой энергии 120 Вт,

– сушка ВЧ нагревом при мощности ВЧ генератора 120 Вт,

– сушка комбинированным способом: кондуктивный нагрев– 60 Вт совместно с ВЧ нагревом – 60 Вт.

Скорость ввода энергии выбиралась такой, чтобы температура во всех режимах не превышала 70°C, что гарантировало сохранение состава и структуры древесины. Температура нагревателей регулировалась с помощью термореле. Все опыты проводились в комнатных условиях.

Суммарная затрачиваемая энергия при использовании кондуктивного способа сушки в комплексе с ВЧ нагревом при пониженном давлении включает в себя тепловой поток P_m , резистивный нагрев током проводимости древесины σP_a и нагрев за счет диэлектрических потерь P_p ВЧ напряжения.

$$P = P_T + P_a + P_p.$$

Электрическая энергия необходима для нагрева внутренней области заготовки. Соотношение P_a и P_p зависит от влажност-

ти древесины, т.е. меняется при сушке. Чем меньше влажность древесины, тем меньше доля резистивного нагрева P_a и больше доля нагрева с помощью диэлектрических потерь P_p . Величина P_a определяется как $P_a = \sigma \cdot U^2 / \delta^2$, где: σ – удельная проводимость древесины; U – эффективное напряжение ВЧ генератора; δ – толщина образца. Мощность диэлектрических потерь P_p зависит от диэлектрических свойств древесины и параметров ВЧ напряжения

$$P_p = k \cdot U^2 \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot f \cdot \operatorname{tg} \delta,$$

где ϵ_0 и ϵ диэлектрическая проницаемость вакуума и древесины;

f – частота ВЧ напряжения;

$\operatorname{tg} \delta$ – диэлектрические потери древесины;

k – геометрический коэффициент.

Энергия P_T от нагретых током электродов греет древесину через поверхность образца. Поскольку теплопроводность древесины невысокая и уменьшается по мере сушки, то температура поверхности при кондуктивном способе передачи тепловой энергии может на 20÷30°C превышать температуру в средних слоях образца 50 мм толщины.

Скорость сушки пиломатериала для трех разных способов введения энергии представлена на рис. 3. Видно, что скорость сушки комбинированным способом нагрева значительно выше, чем кондуктивным способом, и выше, чем при ВЧ нагреве, при одинаковой вводимой энергии. Скорость сушки комбинированным способом в среднем опережает высокочастотную сушку в 1.5 раза, а кондуктивную – в 2 раза. Конечная влажность древесины при комбинированном способе значительно ниже, чем конечная влажность при сушке другими способами.

Исследования распределения влажности образцов по толщине при времени сушки 15 и 45 часов (рис. 3) также показали значительные преимущества введения энергии комбинированным способом. При кондуктивном способе вследствие более высокой температуры у прилегаемых к нагретым электродам поверхностям образцов влажность ниже в приповерхностных слоях, чем в середине, и при 15 и при 45 часах сушки (рис.3, кри-

вые 1,2). Градиент влажности, направленный к середине заготовки, по толщине хоть и снижается с ростом длительности сушки, тем не менее остается на уровне 20 %.

Нагрев в электромагнитном поле за счет резистивных и диэлектрических потерь благодаря теплоотводу с поверхности наоборот сопровождается более высокой температурой в центральных слоях образца по сравнению с приповерхностными слоями. Как можно видеть, градиент влажности по толщине заготовки направлен к поверхности (рис. 3, кривая 3, 4). Предположительно, меньшая влажность в середине по сравнению с поверхностной объясняется тем, что испа-

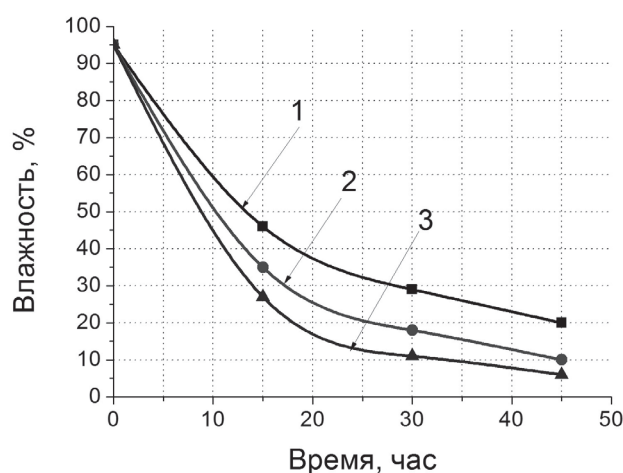


Рис. 2. Изменение влажности образцов древесины березы от времени при различных способах сушки: 1– кондуктивный способ; 2 – ВЧ нагрев; 3– комбинированный способ

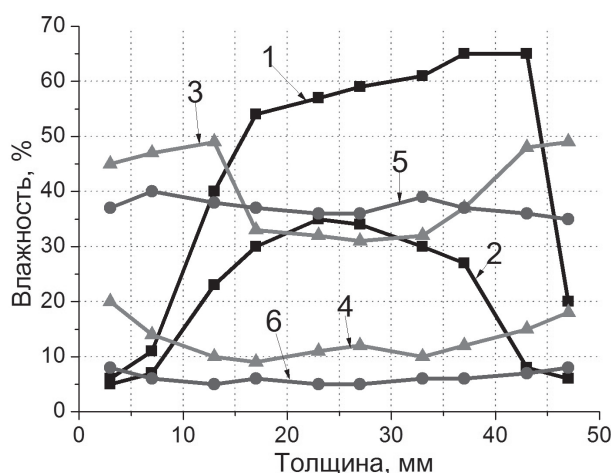


Рис. 3. Распределения влажности по толщине заготовки от времени при различных способах сушки: кондуктивный способ нагрева: 1 – 15 часов, 2 – 45 часов; ВЧ нагрев: 3 – 15 часов, 4 – 45 часов; комбинированный способ: 5 – 15 часов, 6 – 45 часов

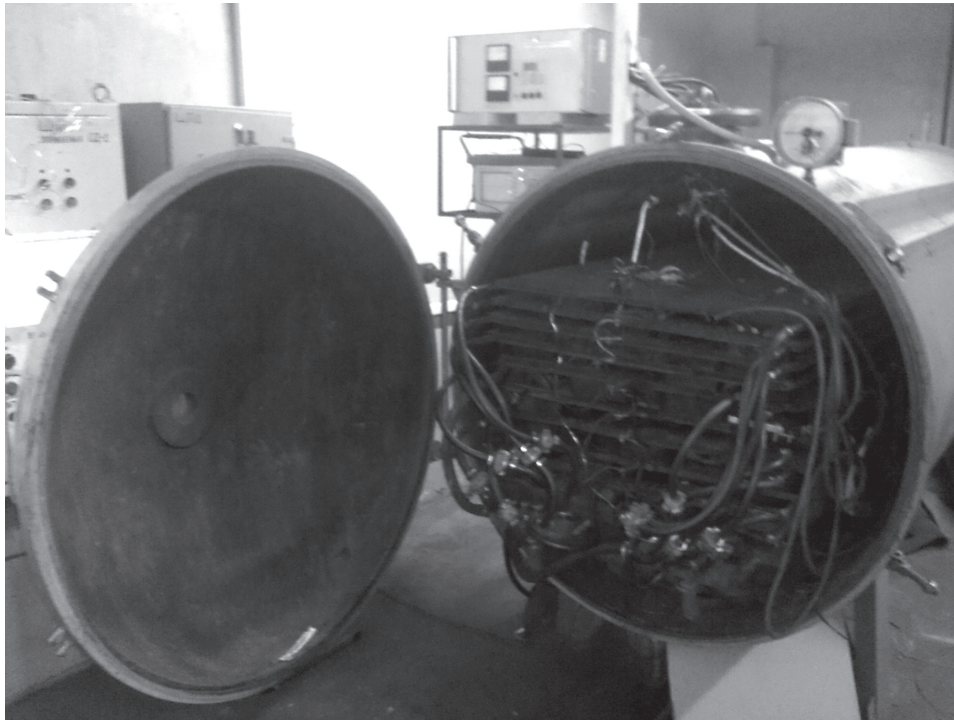


Рис. 4. Внешний вид вакуумной сушилки

рение влаги в основном происходит с торца заготовки, так как влагопроводность древесины вдоль волокон значительно выше, чем в поперечном направлении, особенно это имеет значение при небольшой длине образцов. Температура в середине образца превышает поверхностную температуру, что приводит к более интенсивному испарению. Градиент влажности по толщине при таком способе нагрева ниже, чем при кондуктивной сушке и не превышает 15 %.

Комбинированная сушка, когда энергия вводится одновременно через поверхность и в объем древесины, минимизирует градиент температуры и влажности по толщине образца. Величина последней не превышает 5 % (рис. 3, кривые 5,6). Малые градиенты обеспечивают уменьшение полей механических напряжений и деформаций, что снижает вероятность растрескивания пиломатериала при тепловой обработке. Это наблюдалось визуально на торцах заготовок.

Проведенные исследования показали возможность интенсификации сушки древесины в вакууме при использовании комбинированного способа, в результате чего сокращается время сушки при низкой вероятности растрескивания древесины и со-

кращаются производственные затраты. Результатами сравнительных исследований кондуктивного, ВЧ нагрева и комбинированного способов сушки древесины явилось доказательством того, что время сушки, а также конечная средняя влажность высушенной древесины при комбинированном способе ниже, чем при сушке кондуктивным способом или ВЧ нагревом.

По данным исследованиям был создан опытно-промышленный комплекс оборудования для сушки древесины комбинированным методом, состоящий из стальной камеры объемом 3 м³, ВЧ генератора мощностью 2 кВт, теплогенератора, нагревающего подогретой водой электроды термоэлементы, вакуумного насоса НВВ-75, конденсора и измерительного оборудования. Максимальный объем загрузки камеры древесиной составляет 1 м³. Внешний вид вакуумной сушилки представлен на рис. 4.

В настоящее время на этой сушильной установке выбраны оптимальные режимы сушки древесины березы, обеспечивающие длительность сушки от 60 % до 10 % влажности за 50 часов при минимальном растрескивании. Полные энергозатраты, включая насосы, электропитание ВЧ генератора

составляют 434 кВт·ч/м³, при этом основная часть энергии 360 кВт·ч/м³ обеспечивалась теплогенератором, подогревающим воду для электродов-термоэлементов. При сушке объемно пропитанной древесины по методике [9] с начальной влажностью 120 % до влажности 10 % суммарные энергозатраты составили 570 кВт·ч при длительности сушки 96 часов.

Библиографический список

1. Уголев, Б.Н. Внутренние напряжения в древесине при ее сушке / Б.Н. Уголев. – Гослесбумиздат, 1959. – 116 с.
2. Шубин, Г.С. Сушка и тепловая обработка древесины / Г.С. Шубин. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 336 с.
3. Апрощенко, Л.С. Экспресс-сушка пиломатериалов / Л.С. Апрощенко // Лесной журнал. – 2006. – № 3. – С. 65–69.
4. Галкин, В.П. Повышение эффективности использования микроволновой энергии разных рабочих частот для сушки пиломатериалов / В.П. Галкин, В.Н. Громыко // Деревообр. пром-сть. – 1997. – № 4. – С. 20–21.
5. Тихомолова, К.П. Электроосмос / К.П. Тихомолова. – Л.: Химия, 1989. – 248 с.
6. Кожин, В.П. Экспериментальное исследование центробежного обезвоживания и сушки высоковлажной древесины / В.П. Кожин // Матер. междунар. науч. конф. «Центробежная техника – высокие технологии». – Минск, 2003. – С. 52–57.
7. Reinhard Brunner. The choice for the future: Timber Drying by vacuum or by convectional methods+ // Central Timber Journal. – 1993. – N58
8. Сафин, Р.Р. Экспериментальные исследования осциллирующей сушки древесины в гидрофильных жидкостях / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Н.Р. Галяветдинов и др. // Изв. вузов. Химия и хим. технол. – 2008. – Т. 51. – № 12. – С. 104–106, 128.
9. Секисов, Ф.Г. Объемная пропитка древесины березы / Ф.Г. Секисов, О.В. Смердов, А.Н. Казарин, Ли Хунда и др. // Вестник Томского ГАСУ. – 2010. – № 1. – С. 158–164.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕБЕЛИ

Н.В. ЛАУР, доц. ПетрГУ, канд с-х наук

laur@psu.karelia.ru

Карельская береза (*Betula pendula Roth var. Karelica (Merckl.)* Ндмет-Аhti) – одна из форм березы повислой. Н.П. Вереха в 1898 г. писал, что она встречалась повсеместно от севера до крайних южных пределов распространения березы. В средних и западных губерниях России количество ее значительно уменьшилось из-за существующего большого спроса на мебель (цит. по Любавской, 1950). В настоящее время в нашей стране эта порода естественно произрастает в основном в южной Карелии; производственные культуры заложены в Карелии, Московской и Костромской областях; опытные культуры – во многих регионах европейской части России (Воронежской, Ленинградской, Вологодской, Марий Эл и др.). За границей выращиванием карельской березы занимаются в скандинавских странах, Прибалтике, Чехии и Белоруссии.

Карельскую березу подразделяют на 3 основных формы – I-высокоствольную (в зависимости от размера утолщений или наплывов на стволе: мелко- и крупнобугорчатую),

II-короткоствольную и III-кустовидную [3, 4]. Имеются и переходные формы. С возрастом у деревьев с признаками мелкобугорчатости могут появиться крупные утолщения. В Карелии в естественных насаждениях в основном произрастают деревья короткоствольных форм, на втором месте – кустовидных, на третьем – высокоствольных форм. Это же соотношение наблюдается в культурах, что связано не только с особенностями наследования признака узорчатости и расщепления (в потомстве всегда имеются все три формы, а также береза без признаков специфической текстуры), но и с тем, что сбор семян для лесокультурного производства практически всегда проводили в заказниках, в которых произрастали в основном короткоствольные и кустовидные формы, с материнских деревьев небольшой высоты.

Для мебельного производства наиболее пригодны деревья I и II древовидных форм, т. к. они отличаются большим объемом узорчатой древесины и прямизной ствола. Но

более насыщенная текстура чаще встречается у кустовидных форм. Текстура карельской березы формируется постепенно, максимальную насыщенность и красоту она приобретает только с возрастом зрелости: у высокоствольных форм в естественных условиях – в 70–80 лет, короткоствольных – 50–60 лет, кустовидных – 30–40 лет.

По красоте карельская береза превосходит древесину клена явора (в т. ч. текстуру «птичий глаз»), ореха грецкого, ясеня амурского, бархата амурского, платана, самшита, фисташки, тиса, вишни, не говоря о наиболее популярных в мебельном производстве дубе, ясене, буке и других, в общем-то, немногочисленных отечественных пород с декоративной древесиной. Более того, она не уступает древесине таких известных коммерческих пород, как махагони, различным видам дальбергии, шахматного дерева, тика и др. По красоте ей равна, пожалуй, только каповая древесина (орех, береза, липа, клен, тополь, и др.), но использование каповой древесины ограничено из-за мизерного ее количества, она обычно применяется для штучных изделий или поделок.

Внешние признаки узорчатости у деревьев карельской березы искусственного происхождения начинают формироваться с 3–5 лет, в 15–20 летнем возрасте можно с достаточной точностью определить деревья с узорчатой текстурой. С возрастом кора деревьев становится более толстой, определить деревья мелкобугорчатых форм сложно, иногда – невозможно. Определение узорчатости древесины по прямому признаку, методом вырезания «окошечка» на коре и оценка уровня текстуры древесины на палетке нежелателен, т.к. вырезанный кусок не всегда прирастает, что приводит к порче, а в некоторых случаях и загниванию древесины. Поэтому селекционную инвентаризацию насаждений карельской березы, при которой проводят определение формы, оценку узорчатости древесины, выделяют лучшие деревья, определяют объем стволов, запас узорчатой древесины, в т. ч. пригодной на шпон и выполняют маркировку, следует проводить каждые десять лет.

В Карелии в возрасте спелости объем одного ствола карельской березы составляет

в среднем 0,16 кбм, в т. ч. *I*-высокоствольной формы – 0,30 кбм, *II*- короткоствольной – 0,12 кбм, *III*-кустовидной – 0,24 кбм, причем деловой (узорчатой) древесины – только 1/3 часть от общего объема. Максимальная высота деревьев достигает 22 м, максимальный диаметр – 48 см. Протяженность узорчатой части ствола карельской березы естественно-го происхождения у высокоствольных форм в среднем составляет 3–4 м (в 50–80 лет), максимальная – 9 м. Наиболее насыщенная текстура у крупнобугорчатых форм – в наплывах, у мелкобугорчатых и короткоствольных форм – в прикорневой части ствола. Древесина высоко декоративна на радиальном и тангенциальном разрезах. На поперечном разрезе, при достаточной насыщенности текстуры, четко прослеживается неоднократно повторяющаяся «звезда».

У карельской березы необычная текстура – древесина ее отличается свилеватостью и наличием своеобразных «включений» темного цвета в виде вытянутых «запятых», буквы «v» или разнообразных волнистых линий и черточек. Текстура может быть как относительно равномерной, так и куртинного характера, что во многом зависит от формы дерева. У крупнобугорчатых форм в перехватах между наплывами узора нет или он носит иной характер, у других форм узор более равномерный. Основной, фоновый цвет древесины – от белого до желтоватого и даже коричневатого. Цвет «включений» почти всегда темно-коричневый, редко – почти черный или рыжеватокоричневый. В рисунке часто присутствуют одноцветные светлые «дорожки», напоминающие морозные узоры. Размер самих «включений» невелик, чаще от 4 до 6 (2–20) мм, длина «дорожек» обычно от 5 до 20 см; в целом же складывается гармоничный узор, причем, у каждого дерева – индивидуальный. Кроме чисто внешней узорчатости за счет более темных включений древесина характеризуется муаровостью, связанной со свилеватостью, придающей ей дополнительное богатство и красоту текстуры. В некоторых случаях древесина карельской березы только свилеватая и напоминает светлую каповую древесину березы пушистой и повислой, но отличается не-

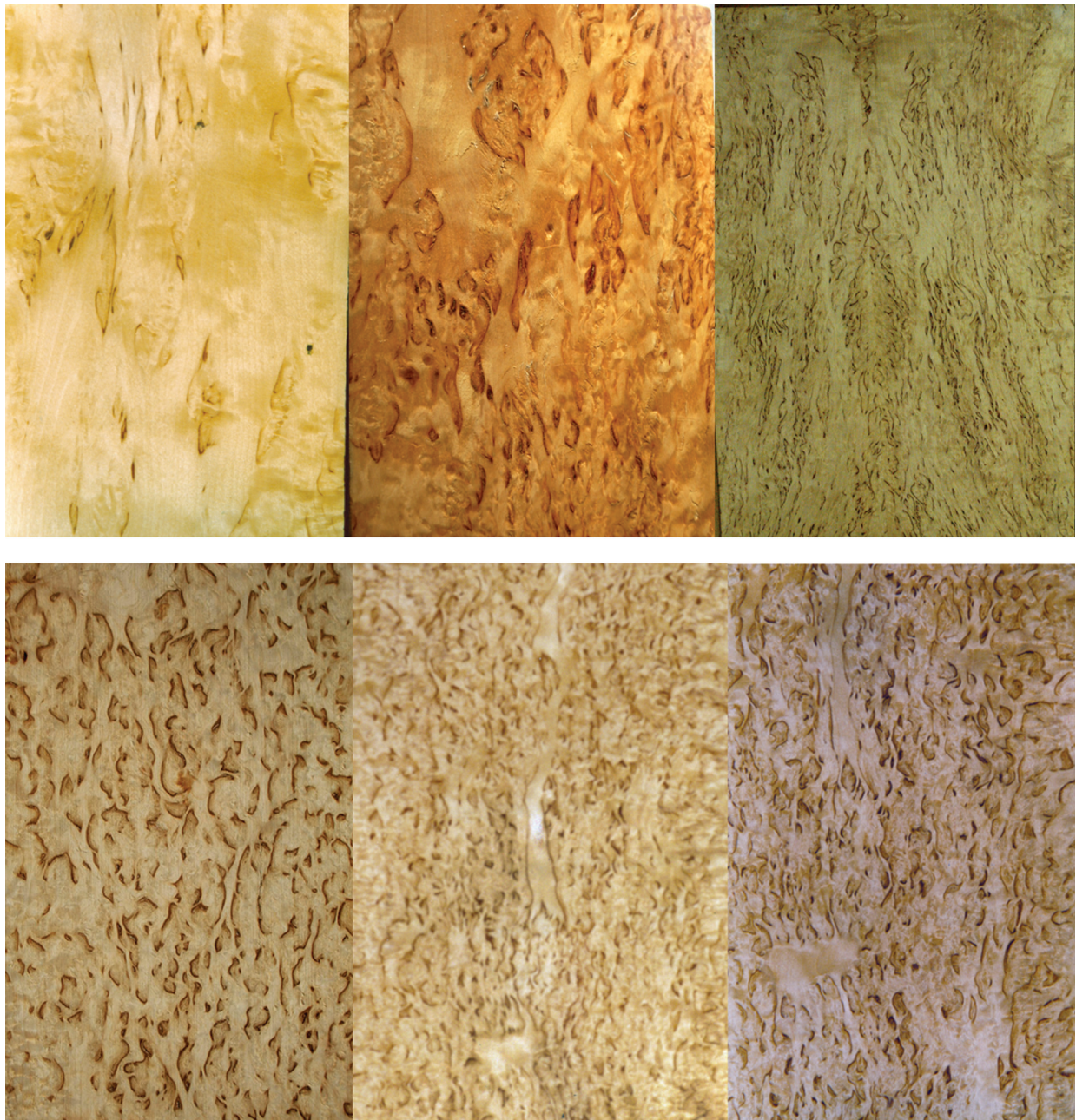


Рис. 1. Шпон карельской березы с различной текстурой и цветом лака. Фото Н. Лаур

обычайной нарядностью. За счет свилеватости создается впечатление, что древесина как бы светится, на ней постоянно «играют» блики – в этом также один из секретов популярности мебели из карельской березы.

Физико-механические свойства карельской березы изучал Н.О. Соколов. Из физических свойств древесины наибольшее значение имеет рисунок на продольных срезах. Плотность древесины (при влажности 12 %) составляет 0,712–0,740 кг/м³, что довольно значительно превышает плотность березы

повислой (0,579–0,666 кг/ м³). Временное сопротивление сжатию в радиальном, тангенциальном, а также и твердость в торцовом, радиальном и тангенциальном направлениях у древесины карельской березы значительно выше, чем у березы повислой. Древесина карельской березы твердая, плохо раскалывается, но довольно легко обрабатывается столярными и токарными инструментами. Приведенные данные позволяют сделать вывод, что мебель из карельской березы отличается большой прочностью.

Красивая и прочная древесина этой породы использовалась с древних времен. У местных жителей из древесины карельской березы были не только рукоятки ножей, молотков, топорича, но даже сохи. «Первый лесной знатель» Фокель писал (XVIII век): «...древесину этой породы обыватели отыскивают на токарную работу, на чашки, стаканы и прочие вещи. Я из того рода березы видел выточенный ракетный станок, который за дорогую цену был продан». В Олонецкой

губернии на Олонецкой Богородицко-рождественской ярмарке (XIX век) особенно много продавалось чашек, солонок и ложек из карельской березы, которые разменивались или раскупались и развозились по России [4].

Но больше всего карельская береза прославилась своей уникальной текстурой в мебельном производстве. В Карелии, в конце 19 века, мастер А.С. Гайдин (Петрозаводский уезд) изготовлял из ее древесины шкафы, ломберные столики, стулья, кресла, письменные столы, ширмы, рамки, шкатулки и др. предметы. В местной печати указывалось, что «13 апреля 1903 г. из Олонецкой губернии местными кустарями представлена была в Петербург большая партия изделий из карельской березы. Весь товар тотчас же продан, часть его предназначена для отправки за границу».

В 1935 г. в Заонежском районе организуется артель-школа «Карельская береза». Столярная мастерская С. И. Синявина изготавливала красивую прочную мебель, шахматы, шкатулки, пудреницы, портсигары и множество других изделий. Артелью-школой были изготовлены оборудование и мебель для Петрозаводской гостиницы. Также она была использована для отделки Петрозаводского дворца пионеров. Артель «Карпромсоюза» изготовила для сельскохозяйственной выставки кабинет из карельской березы, состоящий



Рис. 2. Столик для рукоделия из карельской березы и черного дерева. Павловский дворец



Рис. 3. Мебель из карельской березы. Санкт-Петербург, «Эрмитаж». Фото Н. Лаур



Рис. 4. Гарнитур карельской березы в Зеленой гостиной Юсуповского дворца



Рис. 5. Гарнитур из карельской березы в Юсуповском дворце



Рис. 6. Лестница и гостиная в Юсуповском дворце

из письменного стола, кресла, двух стульев, этажерки-шкафа, столика для телефона, портретной рамы и карниза к окну. Стоимость 1 кг свежесрубленной древесины в это время колебалась от 12 до 25 коп. за 1 кг, заготовку проводило местное население [4].

Но у карельской березы была не только региональная известность. В 16–17 веках художественную мебель в России изготавливали из местных и в малом количестве из привозных пород дерева. В 18 столетии дворцовая мебель была, как правило, импортной. В это время мебельщики стремились покрыть предметы мебели позолотой, краской или росписью. Очень популярна была мебель черного, а затем, красного дерева и ореха, но она была необычайно дорога даже при использовании в виде фанеры.

Ценить отполированную поверхность дерева и его текстуру научились не сразу. Как уже говорилось, древесина карельской березы отличается большим разнообразием. Полировка выявляет красоту текстуры, в т. ч. муаровость, использование лаков (прозрачных, желтых, розоватых) позволяет увидеть изделия из карельской березы во всем великолепии – не зря мебельщики называли эту породу «царской» (рис. 1).

Считается, что впервые «карелка» была применена, вернее «вошла в моду», в конце 1780-х годов краснодеревщиками князя

Мещерского в его имении в Курской губернии. В своих воспоминаниях актер М.С. Щепкин пишет: «Жил в Курске вельможа времен императрицы Екатерины II, князь Прокофий Васильевич Мещерский. Он знал много языков и был еще художником: занимался живописью, скульптурой, резьбой, токарным и даже слесарным искусством; а впоследствии князь открыл столярню, и мебель, выходящая из его мастерской, отличалась своим изящным рисунком. Носился слух, что он первый начал употреблять тогда для мебели вместо красного и орехового дерева березовые выплавки».

Активно древесину карельской березы начали использовать примерно в 1790-х гг. Для помещений Павловского дворца создается мебель в т.ч. из карельской и волнистой березы (рис. 2). Впоследствии в Павловском дворце была устроена библиотека, меблированная карельской березой. Павел I любил помпезную обстановку. Мебель времен Павла I и Александра I известна как «поздний русский ампир». Знаменитый архитектор Карл Иванович Росси не только строил дворцы в Санкт-Петербурге, но и уделял внимание проектированию предметов интерьера. Непревзойденный мастер ампирного парадного интерьера охотно использовал нарядную древесину карельской березы. В мебельных гарнитурах подлокотниками служат величественные лебеди с изящно

выгнутыми шеями, при этом сохранялась и подчеркивалась естественная текстура карельской березы, украшенных бронзовыми накладками (рис. 3).

В 1807–1912 гг. по проекту академика Андрея Никифоровича Воронихина в Павловском парке был выстроен «Розовый павильон», основу убранства которого составляла изысканная мебель из карельской и волнистой березы и тополя. В 1825 г. русским мастером Василием Бобковым (по рисункам К.И. Росси) создается гарнитур для Михайловского дворца. По проекту известного архитектора В.П. Стасова (1769–1848) в Царскосельском дворце мастера Г. Гамбс и А. Тур выполнили отделку комнат Александра I и императрицы Марии Федоровны.

Русский ампир как стиль многим обязан и таким мастерам, как Тома де Томон, Монферран, Василий Стасов, по эскизам которых создавались прекрасные творения, предназначавшиеся для украшения императорского двора и придворных покоев. Изготавливали ее в известных столичных мастерских из цельного красного дерева, карельской березы или с применением дорогого морения.

Для русских поместий была характерна мебель из резного ореха или карельской березы. Мебель впоследствии делали в стиле «жакоб» с применением латунных тяг и бляшек. Появился прием украшать мебель из карельской березы узкими тягами и мелкими вкладками из дерева черного (черное дерево, мореный дуб) или темного (орех) цвета. Резьба использовалась редко, т. к. узорчатая текстура лучше смотрится на гладкой поверхности. Ее применяли в прорезных спинках, подлокотниках, в оформлении ножек столов и бюро и в верхней части углов такой мебели, как шкафы и комоды. Богатство текстуры карельской березы, ее цветовые гаммы, муаровый перелив, не только внесли разнообразие, но и смогли наполнить интерьер светом даже в пасмурную погоду [1, 5].

Новый всплеск моды на «карелку» приходится на самое начало 20 века, в связи с тенденцией популярного тогда модерна «ретро». Видимо, наиболее известными были

мебельные гарнитуры князя Феликса Юсупова. В Юсуповском дворце древесиной карельской березы отделана даже одна из лестниц (рис. 4–6).

Для изготовления мебели редко используют монолитную древесину как из-за высокой стоимости, так и из-за коробления. В старину чаще применяли пиленую фанеру, в настоящее время – строганный шпон.

Мебель из карельской березы работы известных мастеров имеется в Эрмитаже, Гатчине, Павловске, Ораниенбауме, дачно-усадебном ансамбле Архангельское, Екатерининском дворце (Царское село); Государственном Русском музее (бывш. Михайловский дворец), Пушкинском, Историческом, Радищевском музеях, в Государственном музейном фонде (Останкино), музее Академии архитектуры СССР, Дворце съездов, Министерстве иностранных дел (панели), гостинице «Националь» (Москва), отеле «Аничков» (СПб), частных собраниях. В одном из залов резиденции болгарских монархов «Врана» (София) обшивка и мебель выполнены из карельской березы – это подарок русского царя [6].

Карельская береза включена в Красную книгу. В нашей стране работы по ее изучению в 1930–32 гг. В Карелии карельская береза произрастает естественно, кроме того, за 1934–2007 гг. в 14 лесхозах создано 5553 га культур [2]. Выход деревьев с признаками узорчатости в культурах, созданных из семян общего сбора, доходил до 30 %.

В 1956 г. профессор МЛТИ А.Я. Любавская провела контролируемое опыление карельской березы в главном заказнике Карелии – «Анисимовщине». В настоящее время в Карелии посажено 24 га гибридных культур карельской березы (более 7 тыс. деревьев от различных вариантов опыления плюсовых деревьев разных форм). На лучших участках выход деревьев с признаками узорчатости в 19-летнем возрасте составил 65 %, что является большим достижением селекционеров Карелии. Применение гибридного сортаводства карельской березы может позволить проводить целевое выращивание карельской березы для мебельной промышленности страны.

Библиографический список

1. Ермолаев, Д.Н. Мебель / Д.Н. Ермолаев, З.П. Попова // Русское декоративное искусство. – Т. II. – М.: Искусство, 1965. – С. 58–74.
2. Лаур, Н.В. Селекционные методы разведения карельской березы. Учебное пособие / Н.В. Лаур. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2002. – 43 с.
3. Любавская, А.Я. Карельская береза / А.Я. Любавская. – М.: Лесная пром-сть. – 156 с.
4. Соколов, Н.О. Карельская береза / Н.О. Соколов. – Петрозаводск: Госиздательство КФ ССР, 1950. – 115 с.
5. Стиль ампир. <http://www.inter-meb.ru/empire.html>
6. <http://otvetin.ru/citycountry/7892-cho-to-predstavlyaet-soboj-dvorec-vrana-bolgariya.html>
7. <http://www.lignaur.ru/img/cont/1275639619.jpg> (стол в Павловском дворце),
8. http://www.spbfoto.spb.ru/foto/data/media/19/DSC_1088.jpg (зеленая гостиная в Юсуповском дворце),
9. <http://img.photobucket.com/albums/v170/valdem/Usupov%20palace/047.jpg> (гостиная с прямоугольными креслами в Юсуповском дворце)
10. http://img1.liveinternet.ru/images/attach/c/0//51/779/51779911_IMG_4560.jpg (лестница в Юсуповском дворце); <http://img.photobucket.com/albums/v170/valdem/Usupov%20palace/047.jpg> (кресла)

ЗАТОЧКА ТВЕРДОСПЛАВНЫХ КРУГЛЫХ ПИЛ ПО БОКОВЫМ ГРАНЯМ

К.А. ПОЛОСУХИН, *асп. каф. станков и инструментов МГУЛ*

kevinhac@yandex.ru

Пиление круглой пилой – самый распространенный способ обработки древесины. В настоящее время круглые пилы являются незаменимыми благодаря высокой производительности круглопильных станков и форматно-раскroечных центров. Их огромным плюсом является достаточно низкая себестоимость и обслуживание.

Чтобы добиться высокого качества и точности обработанных поверхностей, необходимо хорошо подготавливать инструмент к работе. В первую очередь, речь идет о степени остроты режущей кромки.

В пособии «Обучение основам работы с пилами из твердого сплава», выпущенном немецкой компанией *Vollmer*, сказано: «Режу-

щие поверхности из твердого сплава изнашиваются быстрее или медленнее, в зависимости от обрабатываемого материала. На основании формы износа можно определить, как следует затачивать режущую кромку, чтобы по возможности как можно дольше сохранить зубец из твердого сплава. Размер заточки передней грани зубца составляет примерно 1/3 объема шлифовки задней грани. В сервисном обслуживании размер заточки задней поверхности зуба составляет примерно 2/10 – 3/10, передней 5/100 – 6/100». Из вышеизложенного можно сделать вывод, что во время заточки твердосплавных круглых пил боковые поверхности зуба не обрабатываются. Так какова же их роль?

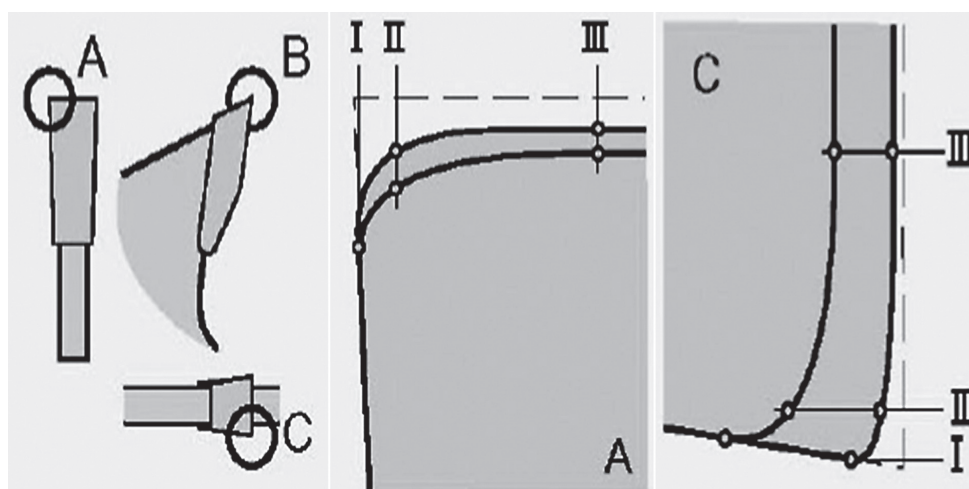


Рис. 1. Износ боковой режущей кромки

ГОСТ 9769-79 определяет величины радиального и тангенциального поднутрения как $1,5^{\circ} \pm 0,5^{\circ}$ и $2,5^{\circ} \pm 0,5^{\circ}$ соответственно. Отсутствие этих углов приводило бы к постоянному трению боковых поверхностей зуба о стенки пропила. За счет большей теплопроводности твердого сплава происходил бы перегрев полотна пилы.

Рассмотрим процесс изнашивания твердосплавных круглых пил. Описание изменения геометрии трехгранного угла в работах В.В. Шутко и С.П. Букиной В.В. Шутко наблюдал увеличение степени износа по боковой кромке в 5–6 раз по сравнению с начальным износом и 1,5–2 раза по сравнению с основной режущей кромкой. Букина С.П. наблюдала, что интенсивный рост износа по боковой кромке начинается не сразу после начала работы, а через некоторое время.

Для лучшей демонстрации износа боковых граней рассмотрим рис. 1, на котором наглядно показано, что боковая режущая кромка имеет больший износ, чем основная режущая кромка. Таким образом, заточка пил только по передней и задней граням нецелесообразна. Сошлифовывание с боковых граней небольшого слоя приводит к сокращению радиуса затупления дереворежущего инструмента, а также к уменьшению величины необходимого для качественной заточки съема.

Для определения степени влияния боковой заточки на качество инструмента нами были проведены исследования. По окончании работы (по усмотрению станочника) твердо-

сплавная круглая пила снималась со станка. На специальной измерительной установке производилось фотографирование ее зубьев.

Данная установка (рис. 2) состоит из Т-образной чугунной станины (1), на которой располагаются три стойки (2, 3). Две стойки имеют возможность перемещаться по одной направляющей. Для фиксации стойки в текущем положении используются стопорные рукоятки. В этих стойках имеются неподвижные центры (4). Исследуемый инструмент (5) устанавливается в центрах между шайбами (6) с помощью сменных конических втулок (7) и зажимной шайбы (8). Верхняя часть всех трех стоек выполнена таким образом, чтобы была возможность установки магнитной стойки с индикатором часового типа. На третьей стойке (9) можно разместить индикатор часового типа или с помощью специальной шпильки – микроскоп с оптическим окуляром (11). Подсоединив данный окуляр к компьютеру (12) (посредством *USB* кабеля), можно производить фотографирование зубьев пилы. Если открыть полученную фотографию в программе *AutoCAD*, то изображение выводится на экран в масштабе 1:1 (в натуральную величину). С помощью мыши можно приблизить изображение. Обрисовав зуб пилы, можно оценить степень скругления режущей кромки и необходимую величину съема при заточке. Данная установка была спроектирована и изготовлена, а также на нее получен патент на полезную модель.

Для того чтобы произвести фотографирование зуба, необходима специальная

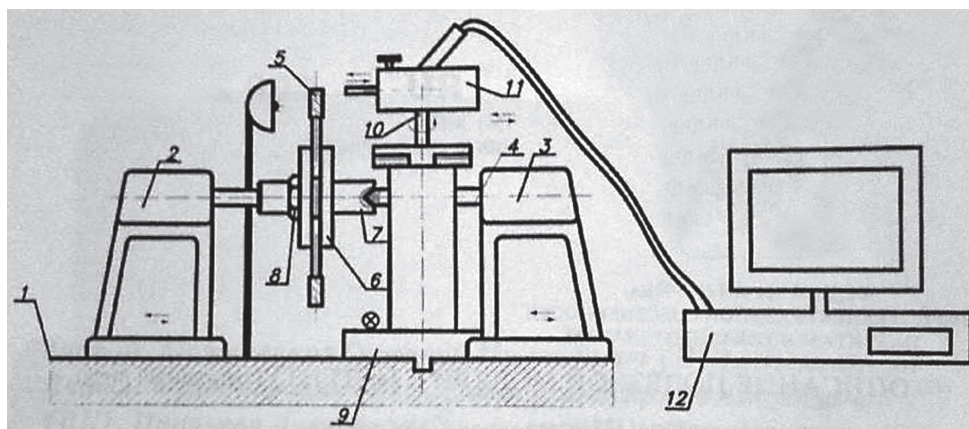


Рис. 2. Схема измерительной установки: 1 – чугунная Т-образная станина; 2,3,9 – стойка; 4 – центра; 5 – исследуемый инструмент, 6 – шайбы; 7 – коническая втулка; 8 – зажимная шайба; 10 – шпилька; 11 – компьютер; 12 – оптический окуляр с микроскопом

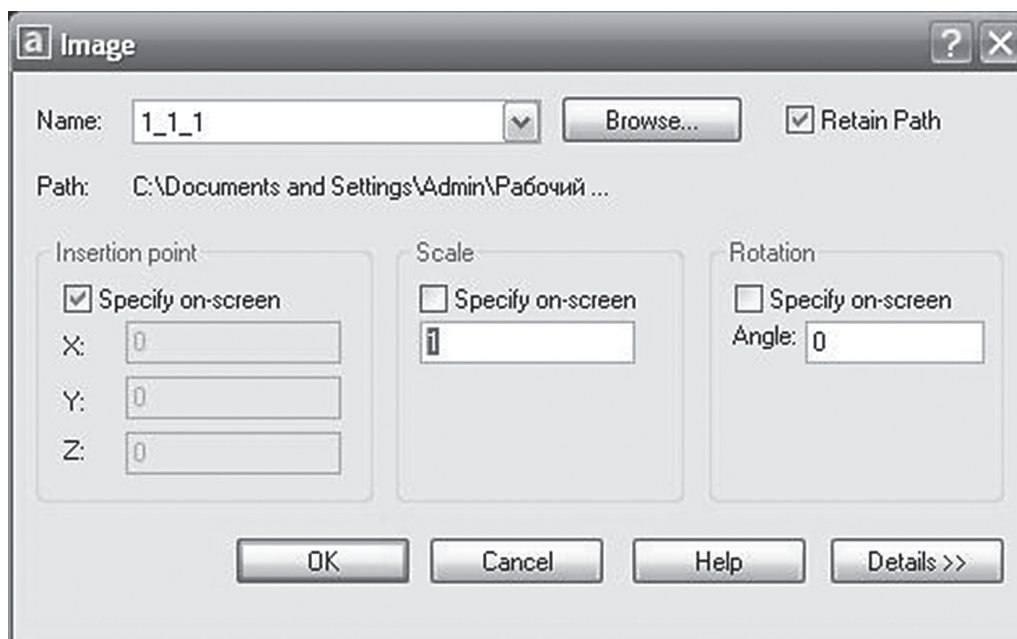


Рис. 3. Всплывающее окно программы *AutoCad*

компьютерная программа. Она предоставляется вместе с *USB*-окуляром, который установлен в экспериментальной установке. Данная программа позволяет не только производить фотографирование под увеличением, но и обрисовывать полученные рисунки. Для определения размеров на рисунке необходимо в меню программы внести коэффициент масштабирования (во сколько раз увеличено изображение). Данная функция очень сильно упрощает задачу, если точно известна степень увеличения. Однако появляется необходимость в установке в зоне фотографирования дополнительного устройства, толщина которого известна (для вычисления масштаба). Устройство это должно быть тонким (например шуп), что создает дополнительные трудности из-за отсутствия жесткости.

Если масштаб не задавать, а полученные фотографии сохранить на компьютере в отдельной папке, то появляется возможность более простого способа тарирования данных. Любая версия программы *AutoCad* позволяет открывать и обрисовывать фотографии (*Insert – Raster image...*). При этом в момент загрузки фотографии открывается отдельное окно (рис. 3). В этом окне имеется строка «*Specify on-screen*». Если поставить значение 1, то фотография загружается в натуральную величину.

Данная экспериментальная установка фотографирует зону 1×1 мм. Благодаря высокой четкости изображения фотографию можно увеличить до размеров экрана. При этом получаемые значения будут в масштабе 1:1.

В качестве проверки был проведен описанный выше эксперимент с шупом. Результат показал, что точность напрямую зависит от качества обрисовки (чем более точно обрисован шуп, тем более высокая точность данных).

Во время обрисовки режущей кромки зубьев пилы возникает проблема с переходной поверхностью. Самый простой способ узнать величину затупления режущей кромки – обрисовать переднюю и заднюю грани, соединить их и с помощью команды «*_fillet*» произвести сопряжение. При этом необходимо подобрать такое, чтобы оно максимально точно повторяло переходную поверхность. Если обрисованная поверхность отличается от реальной менее чем на 1 мкм, то разницу увидеть невозможно. Именно поэтому в дальнейшем буду считать погрешность менее 1 мкм.

С помощью программы *AutoCAD 2004* зубья обрисовывались. Таким образом, появлялась возможность определить радиус скругления режущей кромки близ трехгранного угла. Далее все зубья пилы затачивались по боковым граням. Величина снимаемого



Рис. 4. График зависимости оптимальной величины съема от пути резания

слоя при этом составляла 0,02 мм с каждой стороны. В результате было установлено, что скругление по боковой грани пропало полностью, что позволило сократить необходимый для качественной заточки съем.

Так какая же оптимальная величина съема во время заточки? Посчитаем общий угол поднутрения (вдоль биссектрисы угла заострения) через среднее арифметическое

$$\lambda_{\text{пр}} = (\lambda_p + \lambda_r)/2,$$

где $\lambda_{\text{пр}}$ – общий угол поднутрения;

λ_r – угол тангенциального поднутрения;

λ_p – угол радиального поднутрения.

Тогда для устранения скругления по боковой фаске необходимо сошлифовать

$$h_{\sigma} = (\rho_k - \rho_0) \text{tg}(\lambda_{\text{пр}}),$$

где h_{σ} – общий угол поднутрения;

ρ_k – радиус скругления режущей кромки в момент снятия пилы со станка;

ρ_0 – радиус скругления режущей кромки перед началом работы.

Произвести идеальную заточку инструмента ($\rho_0 = 0$) невозможно. Более того, если режущая кромка имеет радиус скругления меньше 5 мкм, то происходит ее облом. Именно поэтому на некоторых заточных станках имеется устройства для искусственного увеличения этого радиуса.

Зависимость радиуса скругления режущей кромки твердосплавной круглой пилы (без учета мытья пилы в процессе работы и искусственного упрочнения) от пути резания очень хорошо описывает формула

$$\rho_k = \sqrt{390 \cdot A \cdot L + \rho_0^2};$$

$$A = \frac{1}{\text{ctg}\left(\frac{\beta}{2}\right) - \frac{\pi \cdot (180 - \beta)}{360}},$$

где L – путь резания, м;

β – угол заострения инструмента.

Используя формулы, о которых шла речь, можно построить график зависимости величины слоя, который необходимо сошлифовать с боковой грани от пути резания. На рис. 4 представлен график зависимости. Из графика видно, что сошлифовывая по каждой из боковых граней 0,01 мм, мы добьемся полного удаления радиуса износа. Возникает вполне логичный вопрос: для чего во время исследований производилось сошлифовывание 0,02 мм. Ответ простой – заточка боковых граней позволяет уменьшить торцевое биение пилы.

Полученные в результате теоретического анализа и производственных исследований результаты позволяют значительно увеличить срок службы дереворежущего инструмента. В первую очередь, это связано с увеличением числа переточек твердосплавной круглой пилы. Снижение торцевого биения пилы позволяет улучшить качество обработанной поверхности.

Библиографический список

1. Полосухин, К.А. Инструмент и технология ремонта зубьев круглых твердосплавных пил / К.А. Полосухин. – М: МГУЛ, 2009. – С. 89–94.
2. Букина, С.П. Исследование обрабатываемости и процесса пиления ДСП: дисс. ... канд. техн. наук / С.П. Букина. – М.: МЛТИ, 1962.
3. Шутко В.В. Исследование влияния динамики затупления зубьев на процесс пиления дисковыми пилами. – Рациональное использование древесного сырья / В.В. Шутко // Рациональное использование древесного сырья. – 1977. – Вып. 1.
4. Vollmer. Обучение основам работы с пилами из твердых сплавов. Edition 1. Vollmer Werke Maschinefabrik GmbH, 2006.

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЦЕССА УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВОГРУНТА ПРИ ТРЕЛЕВКЕ ПАЧКИ ХЛЫСТОВ

И.В. ГРИГОРЬЕВ, проф. каф. технологии лесозаготовительных пр-в СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, д-р техн. наук,

В.А. МАКУЕВ, проф. каф. колесных и гусеничных машин МГУЛ, канд. техн. наук,

В.Я. ШАПИРО, проф. каф. высшей математики СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, д-р техн. наук,

М.Е. РУДОВ, асп. каф. технологии лесозаготовительных пр-в СПбГЛТУ им. С.М. Кирова,

А.И. НИКИФОРОВА, доц. каф. технологии лесозаготовительных производств СПбГЛТУ им. С.М. Кирова, канд. техн. наук

silver73@inbox.ru, unpplta@mail.ru, tlzp@inbox.ru

Трелевка является самой энергоемкой и экологически опасной для лесной среды операцией лесосечных работ. Прогнозированию степени деформации лесных почвогрунтов под воздействием трелевочных систем, уплотнения и колееобразования, посвящены научные труды большого количества видных отечественных ученых, таких как В.М. Котиков, Г.М. Анисимов, В.С. Сюнев и др. [1–3].

Отдельной задачей при решении данной проблемы является определение степени воздействия трелевочной системы на боковые полосы трелевочных волоков, которое рассмотрено в работах [4, 5].

Еще одной задачей является определение степени воздействия на почвогрунты лесосеки волочащейся части трелевочной пачки лесоматериалов, при трелевке в полупогруженном или в полуподвешенном положении. Решению этой задачи посвящены работы [6, 7].

При исследовании параметров процесса уплотнения почвогрунта в границах волока и в боковых полосах за его пределами, с учетом поворотных движений транспортной системы (ТС), разработана пространственная математическая модель [8]. Отличительной особенностью модели является возможность оценки особенностей деформации и уплотнения почвогрунта при воздействии на него отдельных элементов ТС, в частности, пачки хлыстов, крон пачки деревьев, комлей и вершин с целью охраны подроста и его корневой системы при многократном проходе ТС по заранее намеченным трассам волоков.

В работе, базируясь на основных методических положениях [8], мы представили результаты расчетов параметров уплотнения

различных по свойствам почвогрунтов с учетом возможных вариаций в пределах заданных границ волоков.

Рассмотрим схему воздействия комля хлыста на почвогрунт (рис. 1).

Будем считать, что имеет место давление на почвогрунт сосредоточенной силы $Q=P+G$, где Q – сила тяжести хлыста, $P=0,3Q$ – сила тяжести хлыста, действующая на трактор, $G=0,7Q$ – сила тяжести хлыста, действующая на почву при трелевке его за вершину.

В результате взаимодействия часть хлыста может погружаться в почвогрунт на определенную величину первичной зоны осадки h_0 .

На рис. 1 а представлена схема погружения комлевой части хлыста 1, где обозначено: M – центр тяжести хлыста, h_k – расстояние от точки 2 опоры хлыста на конике до опорной поверхности 3, L – длина хлыста, l – длина хлыста в зоне касания и погружения на глубину h_0 .

Величина h_0 зависит [8]: от параметров пачки – диаметра хлыста d , его длины L , силы G , высоты h_k и параметров A и n нагружения почвогрунта в степенных зависимостях $q=Ah^n$ давления штампа q от глубины его погружения h в пределах зоны распространения деформаций H (удаленности от твердого слоя).

На рис. 1 б представлена схема расчета напряжений, возникающих в почвогрунте под действием силы G в пределах зоны деформаций H , в процессе контакта и погружения комлевой части хлыста с учетом его возможного поворота на определенный угол θ .

Действующая на грунт часть хлыста объемом в коре V_x определяется в соответс-

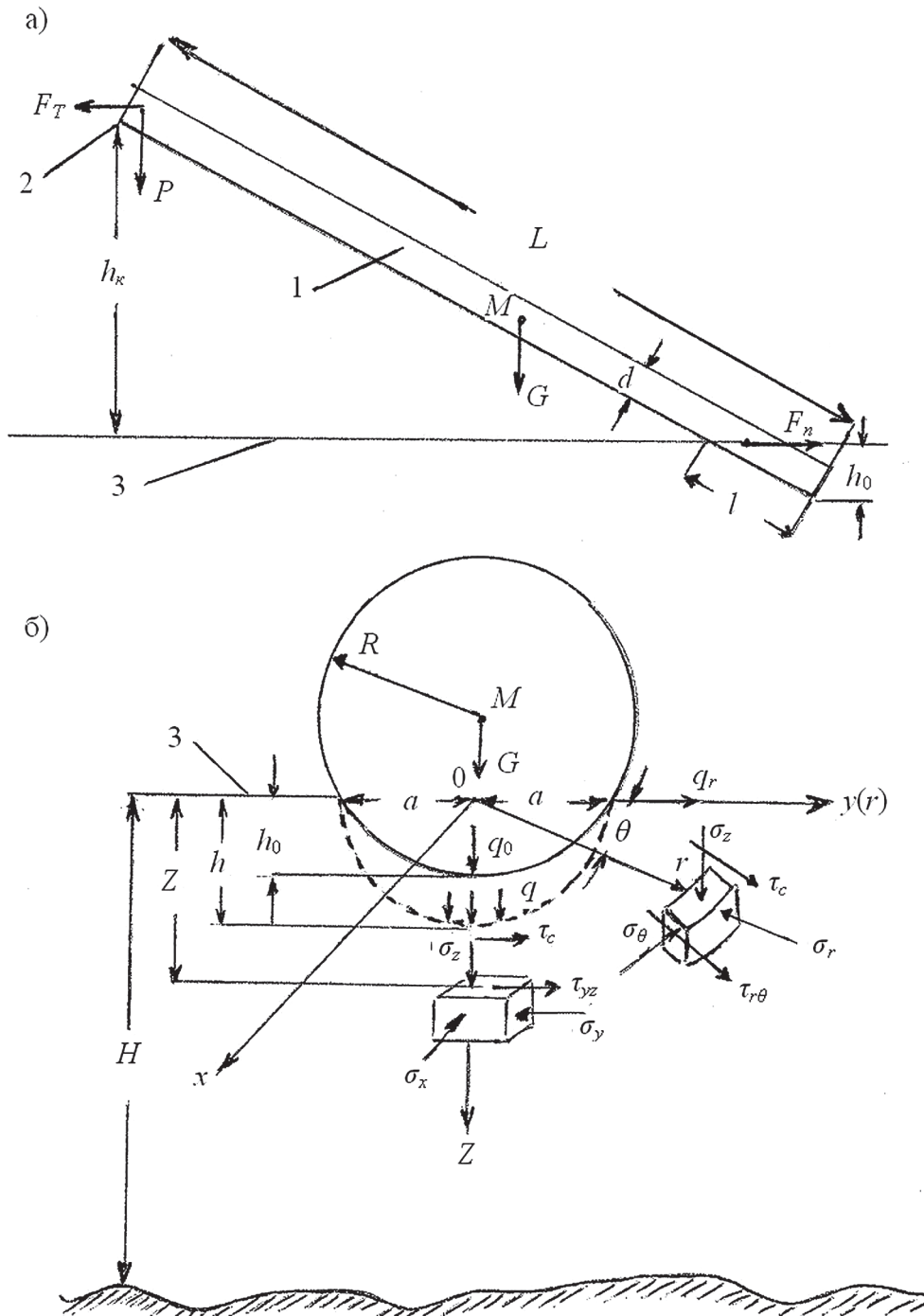


Рис. 1. Схема воздействия когла хлыста на почвогрунт

твии со значениями L и d по сортиментным таблицам древостоев и в расчетах представлена как эквивалентная по объему и весу сфера радиусом

$$R = \sqrt[3]{\frac{0,7V_x}{\pi}}$$

с центром в точке M .

Такое представление действующей части хлыста на почвогрунт позволяет ис-

пользовать математическую модель деформирования среды на основе принципов механики контактного разрушения при воздействии сферического индентора радиусом R на упругое полупространство [8] с учетом особенностей трелевки различных пачек хлыстов в количестве N_x штук.

В рамках этой модели основными характеристиками процесса погружения индентора в среду являются величины контактного

сближения h_0 и радиуса контактной площадки $a = \sqrt{h_0 R}$, на которой действует усредненное по площади начальное равномерное давление

$$q_0 = \frac{G}{\pi a^2} = \frac{G}{\pi h_0 R}.$$

Оценим начальные параметры контакта h_0 , a и q_0 при следующих исходных данных нагружения почвогрунта в процессе трелевки пачки хлыстов в количестве $N_x = 10$ штук

$$L = 30,5 \text{ м}; d = 0,24 \text{ м}; V_x = 6,5 \text{ м}^3; \\ G = 22,75 \text{ кН}; h_k = 1,8 \text{ м}; l = 1,525 \text{ м}. \quad (1)$$

Расчеты выполним для трех разновидностей почвогрунтов волока.

В зависимости от соотношения величин влажности почвогрунта W и его предела текучести W_T [9], т.е. такой влажности, при которой почвогрунт переходит в текучее состояние, выделим три категории: *I* – почвогрунты слабые ($W > W_T$), *II* – средние ($W = W_T$) и *III* – прочные ($W < W_T$).

Для всех трех категорий почвогрунтов с учетом результатов исследований [9] определены их начальная плотность естественного сложения ρ_0 , модуль Юнга E , величина внутреннего сцепления C , угол внутреннего трения φ , несущая способность q_s , коэффициент Пуассона ν , параметры нагружения A , n и H . В табл. 1 приведены результаты расчетов величин h_0 , a и q_0 .

Основываясь на полученных начальных параметрах контакта, в соответствии с

Т а б л и ц а 1

Оценка начальных параметров контактного разрушения почвогрунтов различной категории

Параметры	Категории почвогрунта		
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>
E , МПа	0,4	1	3
ν	0,35	0,25	0,15
C , кПа	5	12	24
φ , град	11	15	16
ρ_0 , кг/м ³	750	850	950
q_s , кПа	20	30	40
A , м.е.	0,0215	0,0564	0,1671
n	1	1,0206	1,0888
H , м	0,8	0,4	0,3
h_0 , м	0,173	0,117	0,074
a , м	0,443	0,363	0,289
q_0 , кПа	52,67	78,34	123,53

методическими положениями [8] оценивали величину относительного уплотнения почвогрунта в границах волока $\bar{\rho} = \rho/\rho_0$, где ρ – достигнутая плотность почвогрунта и размер r_s максимальной зоны уплотнения в радиальном направлении от колеи, т.е. размер (ширина) охранной полосы корневой системы подраста или оставляемых на корню деревьев

$$\bar{\rho} = \rho/\rho_0 = \varepsilon + 1 = \frac{h_s}{H} + 1, \quad (2)$$

где глубина зоны осадки почвогрунта h_s определяется как

$$h_s = h_0 \left(\frac{q_s}{\lambda} \right)^{\frac{1}{\eta}},$$

а коэффициенты λ и η равны $\lambda = 0,7605\theta + 23,913$; $\eta = -(0,0179\theta + 0,241)$. (3)

Величина r_s установлена в виде

$$r_s = a \sqrt{\frac{1}{\left(1 - \frac{q_s^2}{q_0^2}\right)}}, \quad (4)$$

где a – соответствует значению радиуса контактной площадки при изменении величины h от начального h_0 до предельного значения h_s .

Таким образом, анализ соотношений (2–4) показывает, что показатели $\bar{\rho}$ и r_s при постоянстве технологических параметров трелевки определяются начальными параметрами контактного разрушения, величиной несущей способности почвогрунта q_s и углом θ поворота ТС.

Определим значения показателей $\bar{\rho}$ и r_s . Так, для условий трелевки (1) при прямолинейном движении без существенных поворотов ТС ($\theta = 0$ град.) для почвогрунтов *I* категории показатели $\bar{\rho}$ и r_s составили соответственно $\bar{\rho} = 1,67$ и $r_s = 1,69$ м, для почвогрунтов *II* категории и – $\bar{\rho} = 1,4$ и $r_s = 0,93$ м и почвогрунтов *III* категории – $\bar{\rho} = 1,28$ и $r_s = 0,65$ м.

Таким образом, при изменении величины $\bar{\rho}$ в диапазоне от 1,28 (почвогрунты крепкие) до 1,67 (почвогрунты слабые), т.е. на 30,5 %, соответствующие значения r_s отличаются более чем в 2,5 раза. Этот вывод свидетельствует о необходимости детального учета характеристик почвогрунтов при проектировании трасс трелевки, если одной из целей является определение размеров защитных зон подраста.

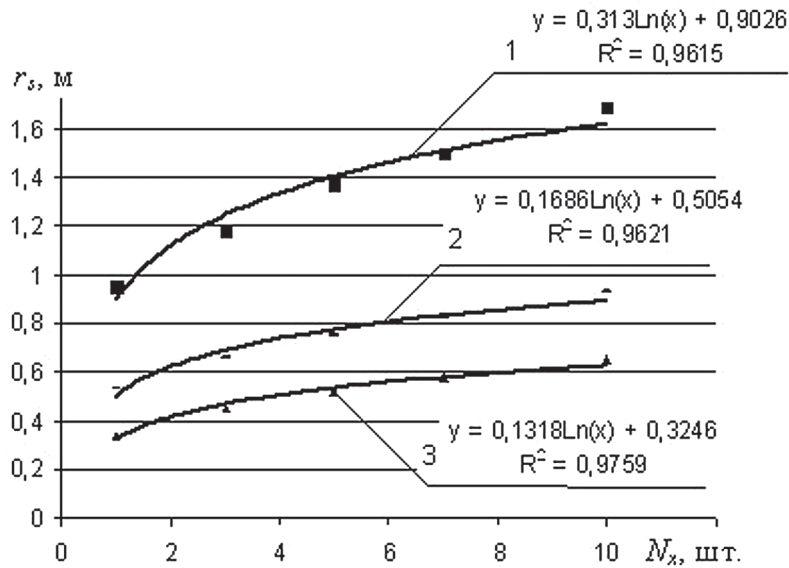


Рис. 2. Зависимость $r_s(N_x)$ для различных почвогрунтов: 1 – слабые почвогрунты; 2 – средние почвогрунты; 3 – прочные почвогрунты

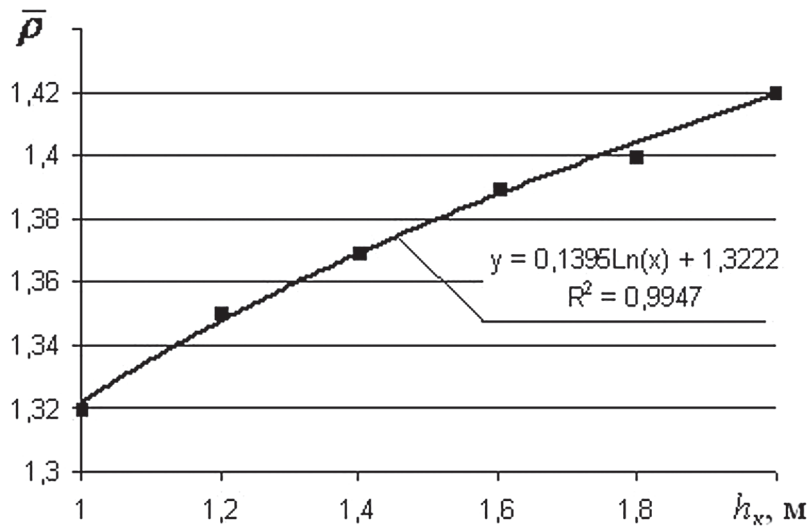


Рис. 3. Зависимость $\bar{\rho}(h_k)$

Реализация математической модели для всех трех категорий почвогрунтов позволила выявить зависимости конечных показателей $\bar{\rho}$ и r_s от исходных параметров трелевки, в частности, количества хлыстов N_x заданного диаметра и длины, высоты размещения пачки на конике h_k , угла θ поворота ТС и параметра цикличности N – числа двойных проходов ТС по одному и тому же волоку.

В табл. 2 приведены результаты расчетов показателей $\bar{\rho}$ (в числителе) и r_s (в знаменателе) при изменении одного параметра – N_x от 1 до 10 при постоянных значениях остальных параметров: $L=30,5$ м; $d=0,24$ м; $h_k=1,8$ м; $\theta=0$ град, $N=1$.

На рис. 2 приведены зависимости r_s , м от N_x , штук для почвогрунтов слабых, средних и крепких. Установленный логарифмический

Т а б л и ц а 2

Расчетные показатели уплотнения различных почвогрунтов при изменении количества хлыстов в пачке

Параметр N_x	Категория почвогрунта		
	I	II	III
1	1,26/0,95	1,16/0,53	1,11/0,34
3	1,41/1,18	1,25/0,66	1,18/0,45
5	1,51/1,37	1,31/0,75	1,21/0,52
	1,58/1,50	1,35/0,83	1,24/0,58
10	1,67/1,69	1,40/0,93	1,28/0,65

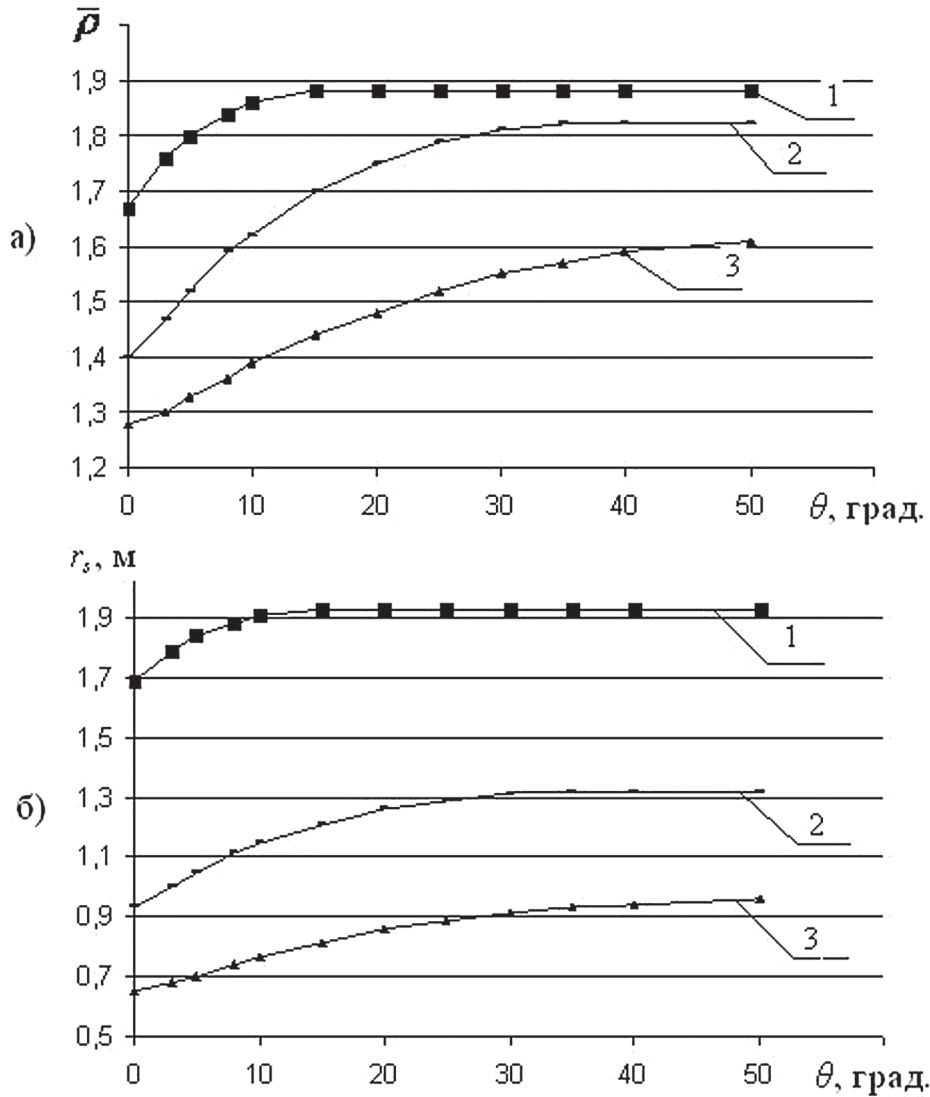


Рис. 4. Влияние угла поворота ТС на изменение показателей: а) $\bar{\rho}$; б) r_s : 1 – слабые почвогрунты; 2 – средние почвогрунты; 3 – прочные почвогрунты

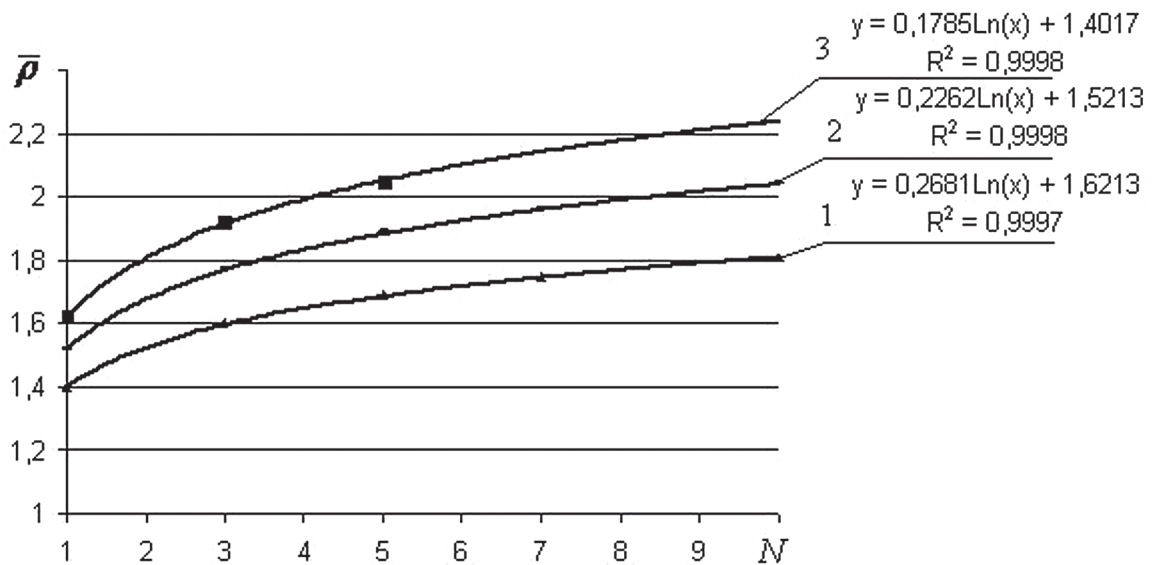


Рис. 5. Зависимость $\bar{\rho}(N)$ при различных значениях угла θ : 1 – $\theta=0$ град.; 2 – $\theta=5$ град.; 3 – $\theta=10$ град

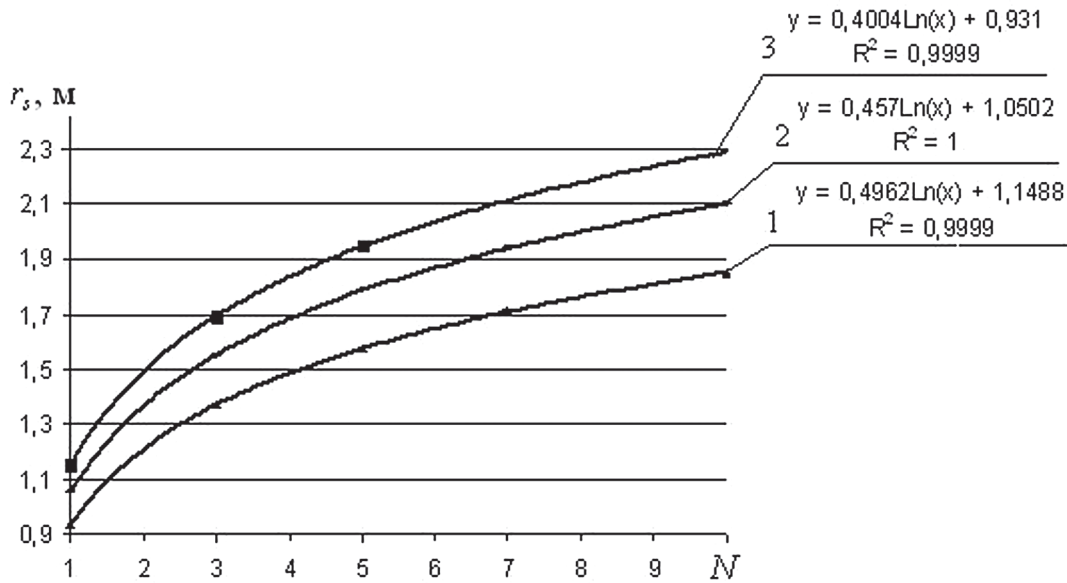


Рис. 6. Зависимость $r_s(N)$ при различных значениях угла θ : 1 – $\theta=0$ град.; 2 – $\theta=5$ град.; 3 – $\theta=10$ град



Рис. 7. Схема расчета

характер зависимостей $r_s(N_x)$ показывает, что наибольшее влияние параметр N_x оказывает в диапазоне значений до 4–6 штук хлыстов в пачке.

На рис. 3 отражено влияние параметра h_k , м, на величину $\bar{\rho}$ на примере почвогрунтов II категории при постоянных значениях $\theta=0$ град., $N_x=10$ шт., $N=1$.

На рис. 4 для трех категорий почвогрунтов приведены результаты исследований влияния угла θ поворота ТС, град. на рис. 4 а – величину уплотнения $\bar{\rho}$ и рис. 4 б – величину r_s , м. Параметры $h_k=1,8$ м, $N_x=10$, $N=1$.

Как следует из анализа данных рис. 4, влияние углового параметра весьма существенное для всех категорий почвогрунтов. При этом кривые $\bar{\rho}(\theta)$ и $r_s(\theta)$ по достижении определенных значений угла θ выходят на асимптотический уровень.

Так, для слабых почвогрунтов (рис. 4 а) маневры ТС при $\theta>10$ град. практически не влияют на величину уплотнения $\bar{\rho}$, тогда как для почвогрунтов II и III категорий такие угловые значения составляют соответственно 20 и 35 град.

Аналогичный вывод можно сделать (рис. 4 б) и при анализе поведения кривых $r_s(\theta)$.

Таким образом, несмотря на существенно большие по величине значения $\bar{\rho}$ и r_s для слабых почвогрунтов по сравнению с более крепкими, влияние углового параметра в слабых почвогрунтах значительно меньше. Особый интерес представляет изучение влияние цикличности процесса уплотнения грунтов различной категории с учетом возможных отклонений ТС от заданного направления движения.

На рис. 5 приведены результаты расчетов зависимостей $\bar{\rho}$ от параметра N для II

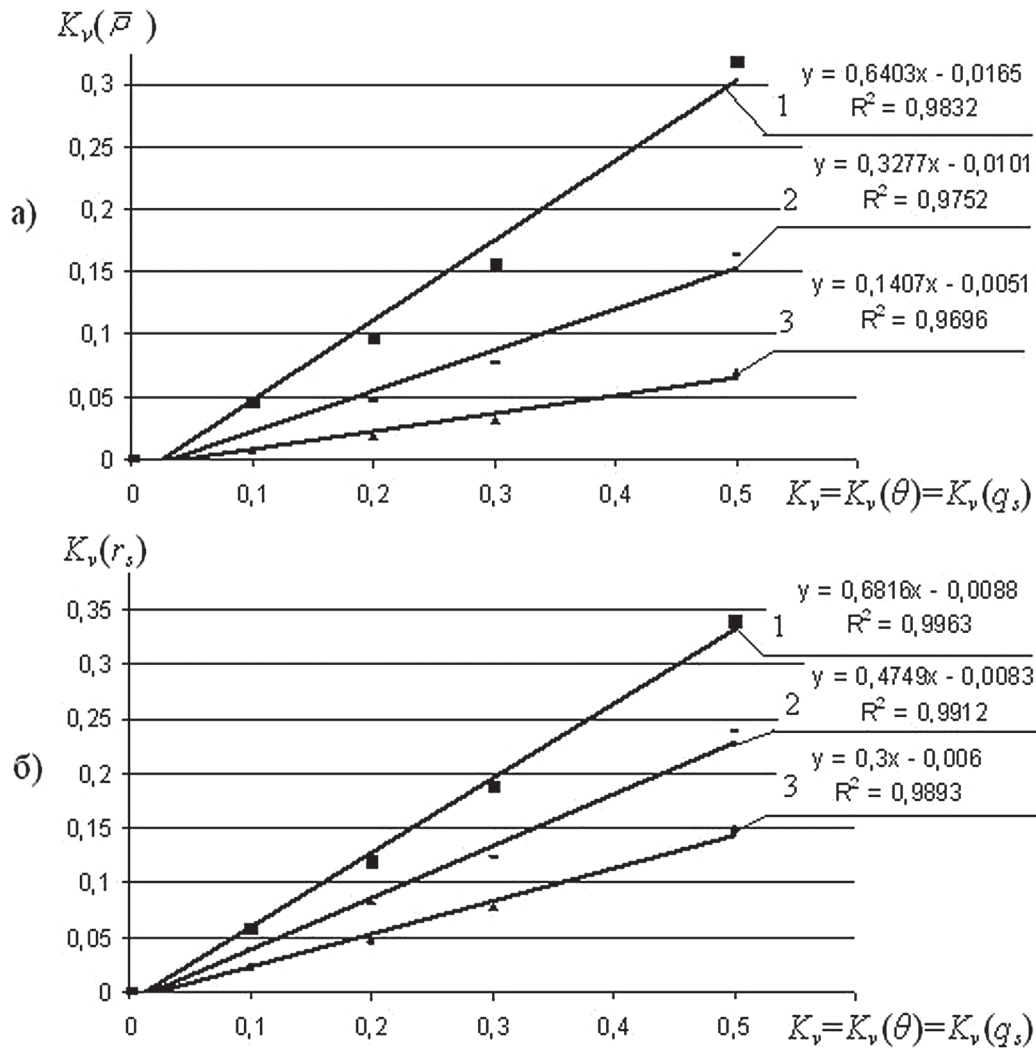


Рис. 8. Зависимости $K_v(\bar{r})$ и $K_v(r_s)$ от K_v : 1 – слабые почвогрунты; 2 – средние почвогрунты; 3 – прочные почвогрунты

категории почвогрунтов и различных углах θ . Аналогичные результаты для r_s (м) представлены на рис. 6.

Как видно из данных рис. 5 и 6, параметр цикличности N является значимым при определении принятых показателей уплотнения почвогрунтов.

С этой целью (рис. 7) осуществим статистический подход к определению показателей \bar{r} и r_s при возможных вариациях параметров θ и q_s .

Принятая схема предусматривает выработку 100 случайных чисел ξ_p , распределенных по нормальному закону с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией.

Далее при заданных технологических параметрах трелевки задаются различные математические ожидания (M) параметров θ

и $q_s - M(\theta)$ в диапазоне от 0 до 60 град. и $M(q_s)$ – от 20 до 40 кПа и их коэффициенты вариации (K_v) – соответственно $K_v(\theta)$ и $K_v(q_s)$ в диапазоне от 0 до 0,5 (50 %-ая вариация).

Статистическая обработка выборок полученных значений \bar{r} и r_s позволяет установить коэффициенты вариации $K_v(\bar{r})$ и $K_v(r_s)$.

На рис. 8 а отложены значения $K_v = K_v(\theta) = K_v(q_s)$ от $K_v(\bar{r})$, на рис. 8 б – от $K_v(r_s)$. Прямые 1, 2 и 3 соответствуют I, II и III категориям почвогрунтов с соответствующими значениями $M(q_s) = 20, 30$ и 40 МПа. Данные рис. 8 соответствуют величине $M(\theta) = 10$ град.

Полученные данные позволяют, задавшись возможными отклонениями значений θ и q_s от своих математических ожиданий, установить для каждой категории почвогрунтов допустимые пределы изменения показателей \bar{r} и r_s .

Например, для II категории почвогрунтов при $M(q_s)=30$ МПа и $M(\theta)=10$ град. вариации значений θ и q_s в пределах 20 % обеспечивают значения $K_v(\bar{p})=5\%$ и $K_v(r_s)=8\%$, что при $M(\bar{p})=1,5$ и $M(r_s)=1,08$ м устанавливает допустимый диапазон изменения \bar{p} от 1,42 до 1,58, при этом показатель r_s может заполнить диапазон от 1 до 1,17 м. Уместно отметить, что 20 %-ая вариация означает достаточно стабильные условия трелевки. Более существенная вариативность параметров наблюдается при $K_v > 30\%$.

Еще один вывод связан с фактором влияния категории почвогрунта. Чем слабее почвогрунты, тем изменчивость параметров θ и q_s обуславливает более широкие границы допустимых диапазонов изменения показателей \bar{p} и r_s .

Таким образом, разработанная математическая модель [8] и на ее основе полученные в данной работе результаты исследований позволяют определять как проектные значения параметров и показателей трелевки, так и допустимые диапазоны их изменений с целью стабилизации заданных технологических показателей.

Библиографический список

1. Котиков, В.М. Ходовые свойства машин и экология / В.М. Котиков, Я.В. Сладкевич // Лесная пром-сть. – 1990. – № 12. – С. 5.
2. Анисимов, Г.М. Основы минимизации уплотнения почвы трелевочными системами / Г.М. Анисимов, Б.М. Большаков. – СПб.: ЛТА, 1998. – 106 с.
3. Сюнев, В.С. Методика прогнозирования воздействия лесозаготовительных машин на почвогрунты в межсезонные периоды / В.С. Сюнев, Е.И. Ратькова // Ученые записки ПетрГУ. Серия: Естественные и технические науки. – 2012. – № 6. – С. 70–74.
4. Рудов, С.Е. Снижение отрицательного воздействия на почву трелевочных тракторов на выборочных рубках: дисс. ... канд. техн. наук / С.Е. Рудов. – Петрозаводск, 2010. – 20 с.
5. Лепилин, Д.В. Оценка влияния поворотов трелевочного трактора на уплотнение почвогрунтов лесосеки: дисс. ... канд. техн. наук / Д.В. Лепилин. – Петрозаводск, 2011. – 22 с.
6. Григорьев, И.В. Влияние способа трелевки на эксплуатационную эффективность трелевочного трактора: дисс. ... канд. техн. наук / И.В. Григорьев. – СПб., 2000. – 20 с.
7. Иванов, А.В. Совершенствование технологии лесосечных работ для условий труднодоступных лесосек северо-западного региона РФ: дисс. ... канд. техн. наук / А.В. Иванов. – Архангельск, 2011. – 20 с.
8. Григорьев, И.В. Математическая модель уплотнения почвы комлями пачки хлыстов при их трелевке / И.В. Григорьев, В.Я. Шапиро, М.Е. Рудов и др. // Ученые записки ПетрГУ. Серия: Естественные и технические науки. – 2012. – № 6. – С. 65–69.
9. Агейкин, А.С. Вездеходные колесные и комбинированные движители / А.С. Агейкин. – М.: Машиностроение, 1972. – 183 с.

ИЗМЕНЕНИЕ ДЛИНЫ ОПОРНО-АКТИВНЫХ УЧАСТКОВ ДВИЖИТЕЛЯ ГУСЕНИЧНОЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ С УЧЕТОМ РЕЖИМОВ НАГРУЖЕНИЯ

Е.Е. КЛУБНИЧКИН, доц. каф. колесных и гусеничных машин МГУЛ, канд. техн. наук,
 В.Е. КЛУБНИЧКИН, доц. каф. колесных и гусеничных машин МГУЛ, канд. техн. наук,
 Ю.В. БАШКИРЦЕВ, доц. каф. колесных и гусеничных машин МГУЛ, канд. техн. наук,
 В.М. КРЫЛОВ, гл. конструктор ГНЦ ЛПК

klubnichkin@mgul.ac.ru, vklubnichkin@mgul.ac.ru

Важнейшими характеристиками, в наибольшей степени определяющими проходимость, сцепные качества и сопротивление движению гусеничной лесозаготовительной машины (ГЛЗМ), являются нормальные давления движителя ГЛЗМ на лесной грунт и закономерность их изменения по длине опорной поверхности движителя.

По результатам известных исследований нормальные давления лесных агрегатных машин, создаваемые на базе трелевочных ГЛЗМ, намного превышают величину нормальных давлений последних. Проблемой снижения средних значений нормальных давлений движителей ГЛЗМ на лесной грунт заняты многие научные и промышленные

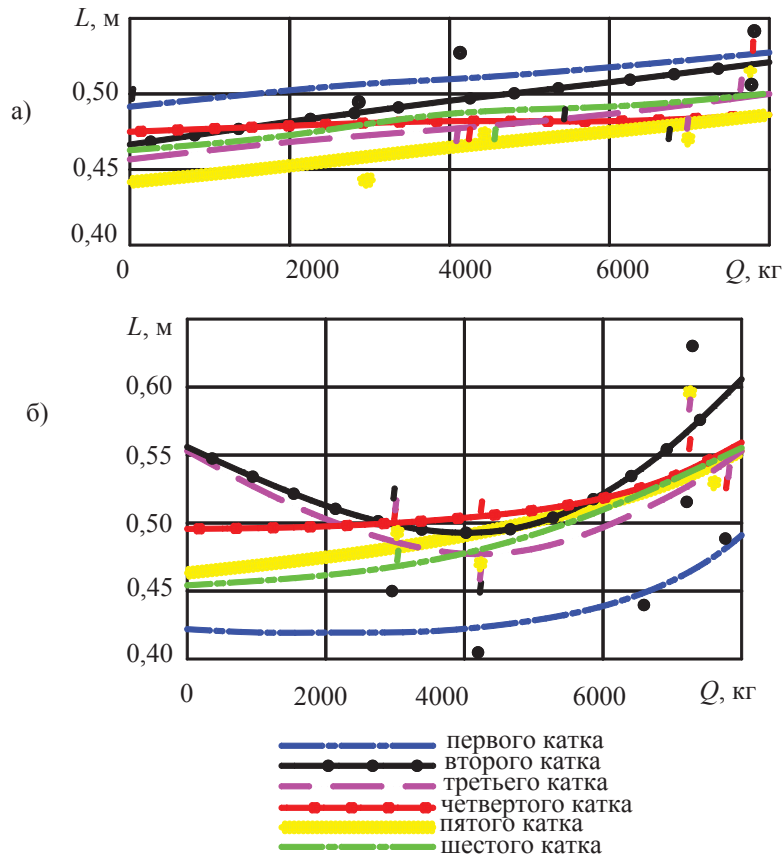


Рисунок. Изменение длины опорно-активных участков L движателей гусеничных лесозаготовительных машин с учетом режимов нагружения (а – ЛЗ-5, б – ЛЗ-4)

предприятия. Исследованием возможностей улучшения тягово-сцепных качеств ГЛЗМ за счет изменения параметров опорных поверхностей ходовых аппаратов посвящены, в частности, работы ЦНИИМЭ, АТ ОТЗ, МГУЛ. При этом отмечается [1], что для ГЛЗМ резервы снижения нормальных давлений движателя на грунт за счет увеличения длины и ширины опорной поверхности движателя весьма ограничены.

Рассмотрим возможность снижения нормальных давлений за счет внутренних резервов ГЛЗМ, принимая во внимание, что под средним нормальным давлением понимается отношение вертикальных нагрузок к площади опорной поверхности движателя ГЛЗМ, а площадь вычисляется как произведение расстояния между осями крайних опорных катков и ширины гусениц [2].

В известных работах, посвященных воздействию гусеничных машин на грунт, отмечается, что движатель может быть представлен опорно-активными участками (ОАУ),

число которых равно количеству опорных катков. Длина ОАУ зависит как от деформативных качеств поверхностей движения, так и от нагрузок, приходящихся на катки движателя. Так, на бетонную площадку гусеничная машина воздействует грунтозацепами звеньев, на болоте поверхностью движателя по всей опорной длине. Для лесных грунтов (плотностью $\gamma = 1,48 - 1,61 \text{ г/см}^3$, влажностью $W = 14 - 24 \%$) установлено, что для ГЛЗМ ЛЗ-4 и ЛЗ-5 длина ОАУ равна шагу трех звеньев [3, 4].

В связи с обновлением парка ГЛЗМ отрасли возникает необходимость проведения исследований по характеру изменения длин ОАУ перспективного ГЛЗМ ЛЗ-4. С этой целью были проведены опыты, в ходе которых замерялись нормальные давления движателя ГЛЗМ ЛЗ-4 и ЛЗ-5 на лесной грунт. При замерах нормальных давлений был использован тензопреобразователь в виде консольной балки, который устанавливался на звене гусеницы.

Согласно программе экспериментальных исследований, опыты проводились при

движении ГЛЗМ на I, III и V передачах с разными по массе нагрузками. Так, ГЛЗМ ЛЗ-5 загружался бетонными блоками массой 3000, 4000 и 7000 кг, а ГЛЗМ ЛЗ-4 3000, 4200, 6550, 7200 и 7800 кг. Бетонные блоки устанавливались на ГЛЗМ и жестко фиксировались. Результаты опытов приведены в виде графиков.

Так как нормальные давления под отдельными катками движителей ГЛЗМ на лесной грунт отличаются по величине и непостоянны по времени движения, то и длины их ОАУ различны (рис. 1 а, б). Опыты показали, что с изменением массы транспортируемых блоков от 0 до 7000 кг на ГЛЗМ разброс длин ОАУ движителя составил 4,8 % при матожидании длины ОАУ движителя ЛЗ-5 0,47 м ± 5,2 %.

На рис. 1,б представлены графики, иллюстрирующие влияние режимов нагружения ГЛЗМ ЛЗ-4 на длину ОАУ движителя. Из графиков следует, что при движении ГЛЗМ ЛЗ-4 с блоком 4200 кг разброс длин ОАУ под катками движителя минимален (матожидание длины равно 0,45 м), а с блоком 7200 кг – максимален. Небольшие значения длин ОАУ под первым катком по сравнению с ЛЗ-5 объясняются конструктивным изменением положения балансира передней каретки. При этом первый каток воспринимает вертикальную нагрузку до 12 кН, а второй – в два раза большую. Вследствие такой разности в нагружении первого и второго катков их длины

ОАУ отличаются на 13 17 %. Для II V катков матожидание их длин ОАУ при нагружении ГЛЗМ ЛЗ-4 блоками массой от 0 до 6650 кг составляет 0,48 + 6,4 %.

Выводы

1. Матожидание сумм длин ОАУ движителем ГЛЗМ ЛЗ-5 и ЛЗ-4 от расчетной длины опорной части движителей соответственно составляет 88 % и 85,2 % при показателе точности проведения опытов 3,9 %.

2. Анализ результатов проведенных исследований показал, что при моделировании процесса взаимодействия движителя лесных машин (на базе ГЛЗМ ЛЗ-4) с лесными грунтами длину ОАУ под катком движителя можно принять равной 0,48 м.

Библиографический список

1. Клубничкин, В.Е. Совершенствование расчетных моделей нагруженности трансмиссий гусеничных лесозаготовительных машин в зависимости от внешних условий движения: дисс. канд. техн. наук / В.Е. Клубничкин. – М.: МГУЛ, 2012.
2. Клубничкин, Е.Е. Повышение долговечности ходовой системы гусеничной лесозаготовительной машины: дисс. ... канд. техн. наук / Е.Е. Клубничкин. – М.: МГУЛ, 2008.
3. Егоров, Л.И. Пути совершенствования лесопромышленных тракторов / Л.И. Егоров. // Лесозаготовка и лесосплав: Науч.-техн. рефер. – ВНИПИЭЛес, 1982. – Вып. 3. – С. 13.
4. ГОСТ 23734-79. Тракторы промышленные. Методы испытаний. – Июль, 1979. – 31 с.

МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ СЕТИ ЛЕСНЫХ ДОРОГ В ЛЕСОСЫРЬЕВОМ МАССИВЕ

В.В. НИКИТИН, *проф. каф. транспорта леса МГУЛ, канд. техн. наук,*
И.С. НОВОСЕЛОВ, *асп. каф. транспорта леса МГУЛ*

Среди задач начертания оптимальной дорожной сети в лесных массивах, решению которой посвящено значительное число исследований [1, 2], важное место занимает задача динамического поэтапного развития лесодорожной сети, ранее не привлекавшая пристального внимания. Между тем лесозаготовительные предприятия осваивают лесные фонды поэтапно, параллельно наращивая до-

nick@mgul.ac.ru, igor.novoselov@gmail.com
рожную сеть в лесных массивах. Сегодня данную задачу следует решать на базе нового инструментария, а именно геоинформационных систем (ГИС). Поиск оптимальной стратегии развития сети лесных автодорог целесообразно решать на основе геопространственного анализа и товарной оценки структуры лесных насаждений с помощью стоимостной растровой карты, реализованной в ГИС. Успешное

Основные факторы, влияющие на расположение сети лесных дорог

Фактор	Условное обозначение	Вес ячейки, в долях
Товарно-качественная характеристика лесных насаждений	C_n	X_1
Динамика изменения товарно-качественной характеристики лесных насаждений	Ди	X_2
Почвенно-грунтовый	П	X_3
Рельеф	Р	X_4
Социально-бытовой	С.Б.	X_5
Категория местности	К	X_6

решение этой задачи позволит поэтапно развивать иерархическую сеть лесных автодорог на лесных участках, которая будет основываться на принципах рационального неистощительного лесопользования.

Цель рационального динамического развития сети лесотранспортных путей с помощью геопространственного анализа состоит в поиске оптимального варианта структуры сети лесных дорог в лесном массиве, который бы обеспечивал минимальные затраты на строительство, эксплуатацию дорог и вывозку древесины в расчетный период времени. Эффективным инструментом для оценки проектируемых вариантов может служить сетка затрат, ячейки которой отражают затраты, необходимые для создания лесной транспортной инфраструктуры в районе проектирования. Затраты зависят от влияющих факторов, которые оказывают существенное влияние на формирование и структуру лесотранспортной сети. Основные влияющие факторы представлены в табл. 1.

Принципиальный подход предлагаемой методологии определения рациональной конфигурации лесотранспортных путей в лесосырьевом массиве основан на поиске аналитических зависимостей веса влияния каждого фактора на нахождение оптимального размещения лесных дорог. Каждый влияющий фактор имеет конкретный вес влияния, характерный для данного района проектирования (рис 1).

На рис. 1 представлен пример оценки товарно-качественной характеристики лесных насаждений на стоимостной растровой карте, каждая ячейка которой имеет вес. Нахождение оптимальной структуры расположения сети дорог состоит в поиске совокупности ячеек,

которые обеспечивают в сумме минимальное значение, т.е. совокупность веса всех факторов должна соответствовать минимальным затратам на создание сети лесных автодорог

$$Y = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 \rightarrow \min.$$

Принципиальный подход к решению данной задачи состоит из трех этапов.

Первый этап – оценка товарно-качественного состава лесных насаждений и оценка их удаленности от существующих путей транспорта. Суть этапа заключается в первичной стоимостной оценке имеющейся лесоресурсной базы, на основе которой формируется первый вариант размещения лесотранспортных путей: грузосборочной магистральной лесной автодороги, ветки и усов. Стоимостная оценка товарно-качественного состава лесных насаждений на выделенном уровне производится по следующим показателям: порода, класс возраста, запас деловой древесины (по классам крупности). Удаленность лесных насаждений оценивается от ближайшего погрузочного пункта до геометрического центра выдела. Далее производится выборка ячеек, которые характеризуют наибольшую ценность для освоения: наибольший запас деловой крупномерной древесины, подходящий класс возраста, минимальная удаленность от существующих путей транспорта. Затраты оцениваются с помощью сетки затрат с ячейкой размером 30×30 м. Затем проектируется первый вариант расположения сети лесных дорог на весь срок освоения лесосырьевого участка. При этом в первую очередь проектируется лесозащитная ось, которая делит области ячеек с наибольшей ценностью поровну. Далее проектируются остальные элементы сети лесных дорог: ветки и усы. При

Основные выходные показатели, характеризующие конфигурацию данной дорожной сети

Показатель	Условное обозначение	Единицы измерения
Объем строительства магистралей за срок аренды	L_c	Км
Среднее расстояние между ветками	K_e	Км
Плотность веток	ρ_E	км/1000 га
Стоимость строительства дорог за срок аренды	S_c	тыс. руб.
Удельные затраты на вывозку древесины	s_c	руб./м ³

проектировании должны соблюдаться следующие условия:

а) лесные дороги не проектируются в пределах зоны тяготения уже существующей лесодорожной сети к лесным насаждениям, которые уже достигли оптимального для заготовки класса возраста;

б) во второй и последующие годы выбираются наиболее удаленные лесные кварталы с наибольшим запасом деловой древесины и достигшие оптимального возраста спелости;

в) проектируемая дорога должна учитывать последующее примыкание лесосек в пределах зоны ее влияния;

г) зоны тяготения лесных насаждений к автодорогам не должны пересекаться;

д) при увеличении грузонапряженности лесной дороги предполагает переход в более высокую категорию, увеличивается зона тяготения к ней лесного массива (рис. 3) [5];

е) освоенность лесных массивов к концу срока аренды должна составлять 100 %, т.е. в пределах зоны влияния дорожной сети (территория, прилегающая к лесной дороге, к которой возможна трелевка древесины трелевочным трактором).

По полученному первому варианту конфигурации лесодорожной сети определяем грузонапряженность всех ее элементов, согласно календарному графику освоения лесного массива по схеме, представленной на рис.3.

Исходя из известного грузооборота дороги, с помощью математической модели определяем основные выходные показатели, характеризующие конфигурацию данной дорожной сети.

Второй этап – учет влияющих факторов на структуру лесотранспортной сети. Первостепенной оценкой является анализ динамики изменения запасов лесных насажде-

ний по товарно-качественным показателям. С учетом изменения динамики корректируется расположение лесоэкономической оси и всех составляющих элементов дорожной инфраструктуры. По таблицам и моделям хода роста лесонасаждений, определенных в первоначальной конфигурации сети, рассчитывается изменение эксплуатационных запасов на выделе в зависимости от класса возраста.

В качестве второго фактора принимаются почвенно-грунтовые условия района проектирования. За основу берется классификация А.Н. Погребняка, в которой плодородие почвы меняется от *A* до *D*, а влажность от 1 до 5, и вместе эти факторы составляют 20 комбинаций [4]. Для удобства оценки затрат на дорожное строительство почвенная классификация упрощается до 3 классов. Первый класс включает сухие и бедные песчаные почвы, которые предполагают простое и дешевое дорожное строительство. Вторым классом состоят из влажных почв, обычно глинистых грунтов, которые сложны для строительства дорог. Третий класс включает влажные почвы, обычно торфяные и мокрые глинистые грунты, строительство дорог на которых имеет высокие капитальные затраты [5].

В качестве третьего влияющего фактора на конфигурацию сети автодорог выбран рельеф местности. Ячейкам, которые попадают на труднопроходимые участки (высокий склон, реки, болота и т.д.), присваивается максимальный вес.

Четвертый фактор – социально-бытовой. Фактор играет важную роль, так как объекты лесной транспортной инфраструктуры могут играть важную роль при передвижении людей из населенных пунктов. Вес влияния этого фактора может быть задан в пределах от 0 до 10 и выбирается индивидуально в



Рис. 1. Ячейки с присвоенным весом влияния по факторам

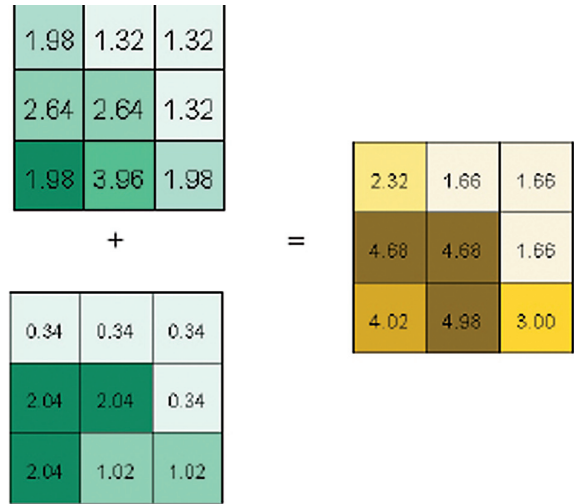


Рис. 2. Схема сложение веса влияния факторов



Рис. 3. Установление категории лесной автодороги в зависимости от грузооборота

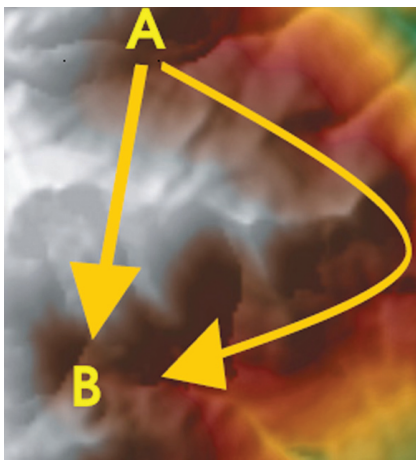


Рис. 4. Учет рельефа при определении конфигурации сети как влияющего фактора

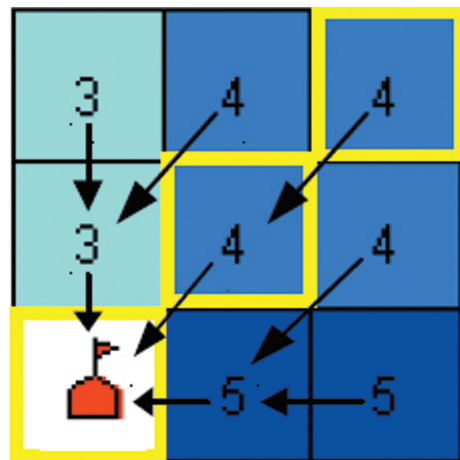
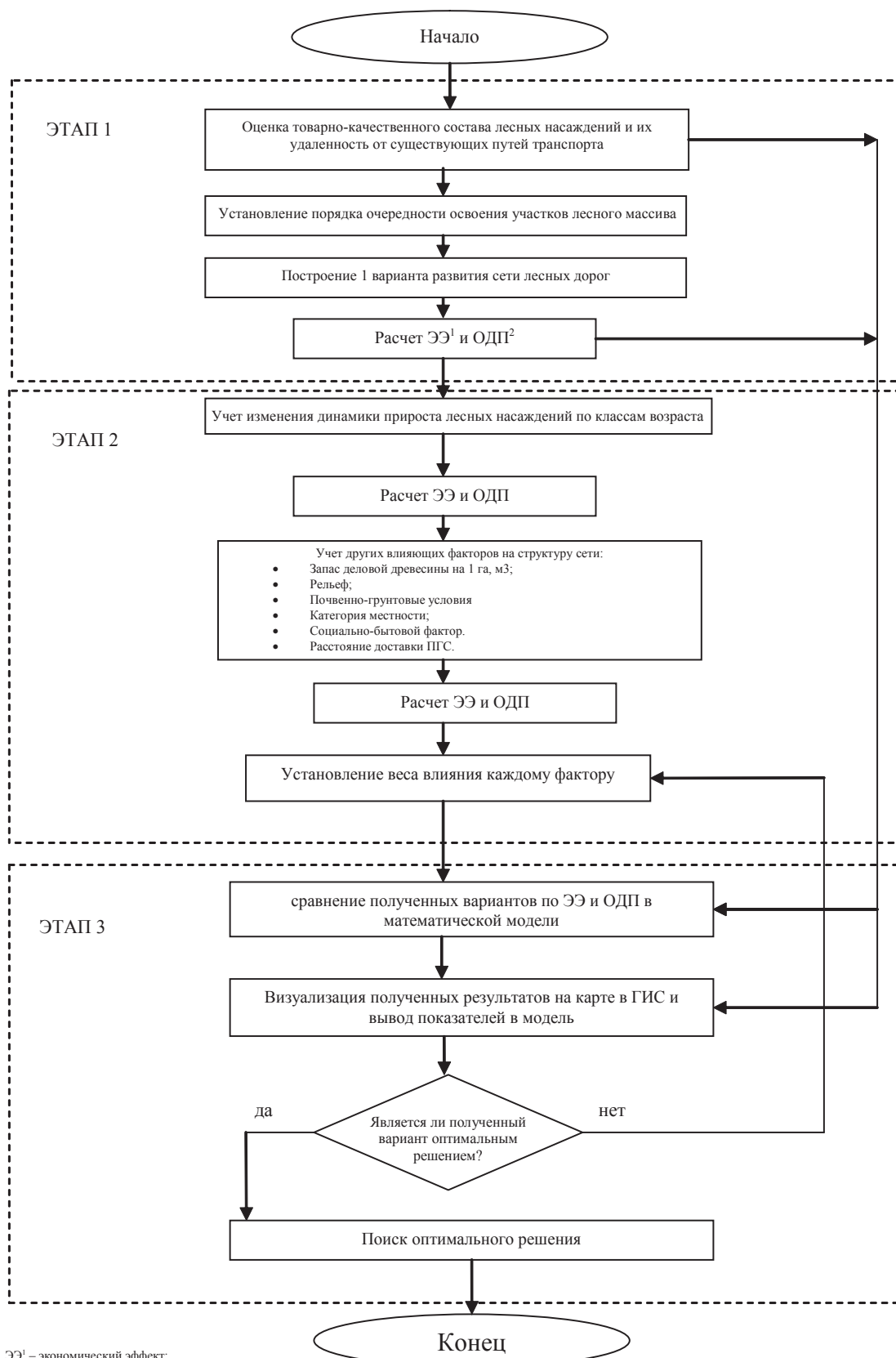


Рис. 5. Выбор направления лесной автодороги, которая пролегает по ячейкам с минимальным весом



ЭЭ¹ – экономический эффект:

- 1) стоимость строительства 1 км лесной автодороги, тыс. руб;
- 2) удельные затраты на вывозку древесины, и содержание дорог, руб./ м³

ОДП² – основные дорожные показатели:

- 1) протяженность грузосборочной лесной магистрали, км;
- 2) протяженность веток и усов, км; среднее расстояние между ветками, км;

Рис. 6. Принципиальная блок-схема математической модели оптимального развития сети лесных дорог в лесосырьевом массиве

каждом случае. Пример тяготения дороги к поселению показан на рис. 5.

Третий этап – анализ взаимодействия всех влияющих факторов и выбор конечного оптимального варианта лесотранспортной сети, который обеспечивает минимум удельных затрат на строительство, содержание дорог и вывозку заготовленной древесины.

Данная модель позволит решать задачи оптимального динамического развития автодорожной сети лесопромышленных предприятий. Схема алгоритма ее решения приведена на рис. 6.

Библиографический список

1. Суриков, В.Т. Теоретические основы проектирования оптимальных структур и конфигураций лесотранспортных сетей: дисс. ... д-ра техн. наук / В.Т. Суриков. – М., 1992. – 272 с.
2. Ларионов, В.Я. Решения некоторых вопросов транспортного освоения лесных массивов с помощью ЭВМ: дисс. ... канд. тех. наук / В.Я. Ларионов. – М., 1972. – 184 с.
3. НИР «Разработка норм технологического проектирования и правил технической эксплуатации автомобильных лесовозных дорог необщего пользования». Шифр ЛЛП-027, тема выполнена ОАО «ЦНИИМЭ» по заказу Минпромторга России в 2010 г. по контракту № 10411.0816900.19.056 от 16.04.2010 г.
4. Погребняк, П.С. Основы лесной типологии. 2-е изд. испр. и доп. / П.С. Погребняк. – Киев: АН УССР, 1955. – 456 с.
5. Лесозаготовки и логистика в России – в фокусе научных исследований и бизнес-возможности, *Metla* 2012.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ АВАРИЙ И СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

А.С. ЩЕРБАКОВ, *проф., зав. каф. БЖД МГУЛ, д-р техн. наук,*
А.В. САВЕЛЬЕВ, *асп. каф. БЖД МГУЛ*

scherb@mgul.ac.ru

Экономическое развитие человечества всегда было связано с риском, порожденным опасными природными явлениями и процессами хозяйственной деятельности человека.

Рост уязвимости экономических систем к бедствиям и катастрофам является глобальной тенденцией, обусловленной общемировыми процессами, характерными, прежде всего, для общества индустриального типа, доминирующего в мире. Эти процессы, к которым относятся рост народонаселения, ускоренная урбанизация, в первую очередь, рост мегаполисов, индустриализация, а также растущая бюрократизация общества, породили и продолжают генерировать новые источники опасности. К ним, в частности, относятся опасные промышленные производства, которые расположены как в промышленно развитых, так и в развивающихся странах.

Под категорией ущерба понимаются фактические или возможные потери в различных аспектах: моральном, престижном,

социальном, материальном, стоимостном (экономическом). О. Ф. Балацкий в книге «Экономика чистого воздуха» дает следующее определение экономического ущерба: «Экономический ущерб – фактические или возможные потери, урон, отрицательные изменения природы, живых существ, которые возникают от каких-либо действий, воздержания от них, наступления событий и их комбинаций, выраженных в стоимостной форме».

Анализ причин аварий свидетельствует, что почти все они обусловлены профессиональной безграмотностью, низкой квалификацией работников и низкой технологической дисциплиной. В структуре основных причин их возникновения следует выделить следующие:

- низкое качество изысканий и ошибки при проектировании – 7,5 %;
- низкое качество производства строительных работ – 15 %;
- нарушение правил эксплуатации – 74 %;
- прочие причины – 3,5 %.

Все объекты нашего народного хозяйства должны функционировать не только в нормальных условиях, но и при необходимости в экстремальных условиях.

В мирное время в результате различных производственных аварий и стихийных бедствий, так же, как и в военное время, имеет место разрушение зданий, сооружений, инженерных сетей промышленных предприятий, сопровождающееся порчей оборудования, материальных ценностей и гибелью людей.

На предприятиях лесного комплекса наиболее характерными бедствиями являются пожары, взрывы, обрушение зданий, утечка вредных веществ, затопления в результате наводнений и прочие.

Профилактические мероприятия по предотвращению возможного ущерба от производственных аварий включают комплекс инженерно-технических и организационных мероприятий, на проведение которых необходимы целевые затраты, что, как следствие, приводит к изменению ряда основных технико-экономических показателей по предприятию в целом.

В настоящее время при авариях и стихийных бедствиях на предприятиях учитывается величина прямого ущерба, что было повреждено или выведено из строя, и это является основанием для составления соответствующих актов и протоколов. Предлагается установление достоверного полного экономического ущерба, который складывается не только из прямого, но и косвенного ущерба, т. е. ущерба, который будет проявляться в других отраслях промышленности, касаться деятельности смежных предприятий, расходов на социальные нужды.

Опыт показывает, что прямой ущерб в 8–10 раз, а то и в сотни раз меньше косвенного ущерба

$$Y_{np} \leq 8...10Y_k. \quad (1)$$

Предприятиям выгодно учитывать только прямой ущерб, но нельзя же забывать, что косвенные последствия не менее значимы, а иной раз и более существенны.

Для прогнозирования степени разрушений и величины ущерба при авариях и стихийных бедствиях рекомендуется учитывать 4 степени повреждений основных фондов и источники средств для их восстановления:

а) при сильных разрушениях – свыше 50 % разрушенных фондов, они восстановлению не подлежат;

б) при средних разрушениях от 50 до 30 % разрушенных фондов, это по объему работ соответствует капитальному ремонту фондов;

в) при слабых разрушениях – от 30 до 10 % разрушенных фондов, это соответствует по объему работ среднему ремонту;

г) при легких повреждениях – менее 10 %, восстановительные работы соответствуют текущему ремонту основных фондов.

Покрытие затрат по последним трем видам разрушений и повреждений осуществляется за счет затрат предприятия (себестоимости продукции), а также за счет прибыли, остающейся в распоряжении предприятия. Первый фактор – за счет финансирования из ФПСР предприятия.

Величина полного экономического ущерба (Y_n) от аварий и стихийных бедствий складывается из прямого (Y_{np}) и косвенного (Y_k) ущербов

$$Y_n = Y_{np} + Y_k. \quad (2)$$

Величина прямого ущерба складывается из 3-х составляющих:

– балансовой стоимости зданий и сооружений – C_3 ;

– балансовой стоимости технологического оборудования $C_{то}$;

– балансовой стоимости коммунально-энергетических систем – $C_{кэс}$

Величина прямого ущерба корректируется на величину износа основных фондов (C_u), а также она должна учитывать стоимость оборотных средств ($C_{об}$) (сырья, материалов, комплектующих изделий и т. п.), т. е. в общем виде Y_{np} может быть выражен в виде формулы

$$Y_{np} = (C_3 + C_{то} + C_{кэс}) - C_u + C_{об}. \quad (3)$$

Расчеты всех составляющих прямого ущерба осуществляются прямым счетом, все исходные известны, заимствуются из данных бухгалтерского учета и учитываются либо по балансовой (первоначальной) стоимости, если фонды новые, либо по остаточной стоимости с учетом износа основных фондов.

Величина косвенного ущерба определяется на основе следующих составляющих:

а) стоимость нового строительства – $C_{ис}$;

б) величины прибыли от произведенной продукции за время восстановления – C_n ;

в) величины штрафов за невыполнение договорных обязательств по поставкам продукции – $C_{ш}$;

г) средств для оказания помощи пострадавшим и их семьям при аварии или стихийном бедствии – $C_{он}$;

д) технических средств для ликвидации аварий – $C_{ла}$;

е) средств на дезактивацию и дегазацию территории или загрязненных участков – $C_д$;

ж) экологический ущерб – $C_{эк}$.

В общем виде величина косвенного ущерба устанавливается по формуле

$$Y_k = C_{нс} + C_n + C_{ш} + C_{он} + C_{ла} + C_д + C_{эк}. \quad (4)$$

В общем виде название показателей ущерба о себе ничего не говорит, поэтому необходимо дать формулы расчета каждого показателя.

При определении прямого ущерба стоимость основных фондов должна учитываться по остаточной стоимости.

Стоимость оборотных средств определяется по формуле

$$C_{об} = \sum_{j=1}^n S_{фс} \cdot Q_{об}, \quad (5)$$

где $S_{фс}$ – фактическая себестоимость оборотных средств па единицу ресурса, руб.;

$Q_{об}$ – количество конкретного вида оборотных средств в натуральном выражении;

n – количество видов оборотных средств.

Стоимость нового строительства устанавливается прямым счетом по смете затрат, или в общем виде этот показатель можно выразить в виде формулы

$$C_{нс} = C_m + C_з + C_a + C_{np}, \quad (6)$$

где C_m – стоимость материальных ресурсов, необходимых для проведения работ, руб.;

$C_з$ – заработная плата работников с отчислениями, руб.;

C_a – сумма амортизационных отчислений от применяемых технических средств при проведении работ, руб.;

C_{np} – прочие затраты по проводимым работам, руб.

Ежегодно каждое предприятие планирует сумму прибыли, которая должна быть

получена в отчетном году, но в результате аварии предприятие теряет определенную часть прибыли за время проведения восстановительных работ. Величина недополученной прибыли рассчитывается по формуле

$$C_n = \Pi_{пл} t/12, \quad (7)$$

где $\Pi_{пл}$ – годовая планируемая прибыль, руб.;

t – период времени (месяцев) восстановительных работ в зависимости от степени повреждения и разрушений, в частности: а) при сильных разрушениях – t_1 ; б) при средних разрушениях – t_2 ; в) при слабых разрушениях – t_3 ; г) при легких разрушениях – t_4 .

Сумма уплаченных штрафов устанавливается по формуле

$$C_{ш} = \sum N_{ш} \cdot V_{шт}, \quad (8)$$

где $C_{ш}$ – норматив штрафов за определенный объем недопоставки конкретному потребителю годовой продукции (% руб.);

$V_{шт}$ – объем недопоставки продукции конкретному потребителю в натуральном выражении;

k – количество потребителей готовой продукции.

Величина расходов на оказание помощи пострадавшим

$$C_{об} = \sum_i^m P \cdot D, \quad (9)$$

где P – количество пострадавших человек по конкретному фактору поражения, чел.;

D – сумма денежной компенсации (оказанная материальная помощь) по конкретному фактору поражения, руб.;

m – число факторов поражения.

Стоимость ликвидации аварии рассчитывается по формуле

$$C_{ла} = Y_{пр} K, \quad (10)$$

где $Y_{пр}$ – величина прямого ущерба, руб.;

K – коэффициент приведения для определения величины средств по ликвидации аварии в зависимости от степени причиненных повреждений, в частности: а) при сильных повреждениях – K_1 ; б) при средних повреждениях – K_2 ; в) при слабых повреждениях – K_3 ; г) при легких повреждениях – K_4 .

Расчет $C_{ла}$ таким способом является приближенным, более правильно было бы рассчи-

тывать прямым счетом, исходя из объема работ, привлекаемых технических средств и т. д.

Расходы, связанные с дезактивацией и дегазацией

$$C_{\partial} = \sum_l^s F \cdot W, \quad (11)$$

где F – площадь, подвергшаяся заражению по конкретному фактору поражения, м;

W – норматив стоимости средств дезактивации (дегазации) для обработки территории, по конкретному фактору поражения, руб.;

S – число факторов заражения.

Величина экологического ущерба $C_{\text{Эк}}$ рассчитывается очень сложно по действующим методикам. Для конкретной аварии или стихийного бедствия экологический ущерб должен рассчитываться по специальному расчету, равным образом, как и социальный эффект.

В качестве оценочного показателя проведения профилактических оргтехмероприятий может служить показатель экономической эффективности (Э), рассчитываемый по формуле

$$\text{Э} = C_{\text{нмм}} / Y_n R, \quad (12)$$

где $C_{\text{нмм}}$ – затраты предприятия на проведение оргтехмероприятий, руб.;

Y_n – величина прямого ущерба, руб.;

R – степень разрушения основных фондов, в частности: а) при сильных разрушениях – R_1 , б) при средних разрушениях – R_2 ; в) при слабых разрушениях – R_3 ; г) при легких разрушениях R_4 .

К ущербам промышленных предприятий относятся также травматизм и профзаболевание.

Анализ размеров ущерба, наносимого предприятию производственным травматизмом и профессиональными заболеваниями, используется в практике управления охраной труда для планирования первоочередных мероприятий по созданию безопасных и безвредных условий труда, экономического обоснования принимаемых решений.

Расчет ущерба может проводиться за разные периоды времени, но, как правило, рассчитывается годовой ущерб. В этом случае все составляющие ущерба и количество дней нетрудоспособности рассчитываются за год.

Чем больше предприятие вкладывает затрат в профилактические организационные и инженерные мероприятия, тем больше их эффективность, тем меньше вероятность возникновения аварий.

Эффективность мероприятий может выражаться инженерно-техническими, социальными, социально-экономическими и экономическими показателями.

Об инженерно-технической эффективности мероприятий судят по разности соответствующих показателей, характеризующих условия безопасности до и после реализации мероприятий.

Социальные последствия внедрения мероприятий по охране труда определяются разностью величин до и после осуществления мероприятий по следующим показателям: увеличению численности работающих, для которых условия труда соответствуют нормативным требованиям; снижению травматизма и заболеваемости, сокращению текучести кадров из-за неудовлетворительных условий труда.

Экономические результаты мероприятий по охране труда выражаются в виде экономии или предотвращения потерь живого и овеществленного труда в народном хозяйстве и на предприятиях.

Библиографический список

1. Временная методика определения экономической эффективности затрат в мероприятия по охране окружающей среды. Эффективность капитальных вложений. – М.: Экономика, 1983. – С. 73–125.
2. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / Под ред. проф. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 2005.
3. Безопасность жизнедеятельности в лесопромышленном производстве и лесном хозяйстве: учебник / Под ред. проф. А.С. Щербакова. – М.: МГУЛ, 2009.
4. Трудовой кодекс РФ № 197–ФЗ, М., 2006.
5. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7–ФЗ «Об охране окружающей среды».
6. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68–ФЗ «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера».
7. Федеральный закон от 24 июля 1998 № 125–ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».
8. Лесной кодекс РФ от 4 декабря 2006 № 200–ФЗ.
9. Земельный кодекс РФ от 25 октября 2001 № 136–ФЗ.
10. Водный кодекс РФ от 3 июня 2006 № 74 – ФЗ.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ

Г.П. БУТКО, *проф. УГЛТУ, д-р экон. наук,*
В.И. ЗАПРУДНОВ, *проф. МГУЛ, д-р техн. наук*

gpbutko@mail.ru, zaprudnov zaprudnov@mgul.ac.ru

В современных условиях достижение высокого организационно-технологического уровня производства является важнейшей целью инновационного развития предприятий. Реализация инновационной политики предприятий осложняется условиями, в которых оказалась лесная промышленность в результате реформ 90-х гг. прошлого века, и кризисом, охватившим экономику России с 2008 г. В 2010 г. наметилась тенденция к некоторому, хотя и медленному, увеличению производства и активизации рынка лесного сектора. При этом возрастает уровень дифференцированности спроса. В этих условиях особую актуальность приобретают задачи повышения конкурентоспособности лесопромышленных предприятий.

Выход Российской Федерации из системного кризиса сопровождается повышением инвестиционной активности в реальном секторе. Масштабы, структура и эффективность использования инвестиций во многом определяют результаты хозяйственной деятельности, состояние, перспективы развития и конкурентоспособность отраслей экономики.

Проблемы инвестирования всегда находились в центре внимания экономической науки. Это обусловлено тем, что инвестиции затрагивают основы хозяйственной деятельности, определяя процесс экономического роста в целом. Комплексный подход к изучению инвестиций предполагает рассмотрение положений, выработанных в этой области, выявление возможностей их применения в конкретных экономических условиях.

В настоящее время механизмы финансового регулирования инвестиционной деятельности не отвечают потребностям экономики. Источники финансирования не-

достаточны, амортизационная и кредитная политика не способствует реализации воспроизводственного процесса, не созданы условия для трансформации реальных инвестиций в развитие новых производств и технологий. Для предприятия немаловажную роль играет изучение расширяющегося многообразия форм инвестиций, включающих вложения как в реальные, так и финансовые активы [1, 2].

В связи с этим возникает необходимость выработки комплекса последовательных мер, обеспечивающих процесс управления инвестиционными процессами, основанного на изучении российского и зарубежного опыта. Особое значение приобретает изучение инструментария повышения инвестиционной привлекательности предприятия и выбора методик оценки ее.

Долгосрочный характер использования капитала предопределяет повышенные требования к качеству инвестиционных решений, т.е. к их необходимой обоснованности. Это связано с тем, что вложенные средства не всегда возможно переориентировать на другие цели без их потерь. Поэтому требуется информация не только о возможностях надежного достижения предполагаемой цели инвестирования, но и о действиях конкурентов на фондовом рынке или рынке товаров или услуг.

Задача принятия эффективного решения усложняется тем, что в условиях нестабильного законодательства и налоговой политики государства возрастает риск отвлечения финансовых ресурсов на долгий период. Принятие решения об инвестировании в условиях неполной определенности всегда является риском, который необходимо учитывать при принятии альтернативных решений: в какие ценные бумаги вкладывать (или их прода-

вать) или участвовать в реализации инвестиционных проектов.

Для осуществления программы обеспечения инвестиционной привлекательности большое значение имеет финансирование. Для этого необходима оценка эффективности инвестиционных проектов, которая проводится поэтапно.

Первоначально формируется и рассчитывается система показателей эффективности проекта в целом. Цель этого этапа – агрегированная экономическая оценка проектных решений и создание необходимых условий для поиска инвесторов. Для локальных или независимых от других проектов оценивается только их коммерческая эффективность, и если она оказывается приемлемой, то можно переходить ко второму этапу оценки.

На следующем этапе уточняется состав участников и определяется финансовая реализуемость и эффективность участия в проекте каждого из них.

В рамках концепции *IBM* выбирается максимизация стоимости. Это означает, что практически все осуществляемые хозяйствующим субъектом операции направляются на наращивание капитала, увеличение стоимости предприятия. Традиционная трактовка управления стоимостью рассматривает в качестве основных заинтересованных лиц собственников компании (акционеров), в этом случае стоимость трансформируется в максимизацию рыночной капитализации (как суммарной оценки обыкновенных акций по биржевым котировкам).

Однако такой подход сужает современное представление об управлении стоимостью. Игнорируется потенциальная возможность инвесторов и других заинтересованных лиц влиять на принятие решений об инвестициях. Функционирование в рыночной среде обуславливает необходимость поиска новых стратегических ресурсов. В качестве таких ресурсов могут рассматриваться налаженные связи с поставщиками и потребителями, инновации в товарах и бизнес-процессах. Это свидетельствует о наличии интеллектуального капитала хозяйствующего субъекта. Следовательно, интересы его внутренних

стейкхолдеров также должны быть приняты во внимание. В рамках модели концепции управления стоимостью предприятия (*IBM*) такой учет возможен с позиции заинтересованных сторон [2].

На основе анализа подходов и методов оценки стоимости были выделены те из них, которые представляется возможным использовать в целях оценки инвестиционной привлекательности хозяйствующего субъекта конкретного сектора экономики:

- метод дисконтированных будущих денежных потоков;
- метод реальных опционов.

Поскольку каждый из методов оценки имеет недостатки, представляется целесообразным рассчитать комплексный показатель стоимости, который позволит компенсировать неточности частных величин стоимости, полученных каждой отдельной методикой. Например, завышенная стоимость хозяйствующего субъекта с большим количеством долговых обязательств, полученная методом реальных опционов, может быть скорректирована стоимостью, полученной методом дисконтирования будущих денежных потоков. Относительную значимость каждого частного показателя в итоговой величине стоимости следует определять методом взвешивания.

Весовой коэффициент рассматривается нами как количественное выражение соотношения методов оценки по способности сформировать стоимость хозяйствующего субъекта в наибольшей степени, которая отражает его инвестиционную привлекательность.

Для расчета весовых коэффициентов были использованы методы расстановки приоритетов, дискретных и индексных оценок.

Для того чтобы обеспечить детальное рассмотрение каждого из методов, следует выделить факторы, в наибольшей степени оказывающие влияние на адекватность величины оценки. Оценка каждого метода по каждому предложенному фактору в рамках процедуры способствует снижению рисков, характерных для процедуры оценки, а также дает возможность количественно отразить соотношение достоинств и недостатков каж-

дого метода при формировании весов, участвующих в получении итоговой величины стоимости объекта оценки.

По уровню соответствия целям оценки были выделены следующие факторы, учитывающие возможность методики оценить хозяйствующий субъект:

- приемлемость метода (оценивается адекватность применения метода, использованного при оценке допущения, релевантность);

- возможность отражения в оценке будущих конъюнктурных изменений (оценивается, в достаточном ли объеме учитываются конъюнктурные изменения рынка и ее своевременность в прогнозируемом периоде);

- объективность информации, используемой при оценке (оценивается достоверность информации, используемой в процессе оценки, адресность, доверие к источникам ее получения, адекватность выбора средств коммуникации);

- полнота информации (оценивается объем использованной информации).

Помимо этого следует определить фактор, отражающий способность методик учитывать особенности каждого хозяйствующего субъекта, влияющие на инвестиционную привлекательность.

В качестве такого фактора предлагается оценивать возможность учета интересов перспективных групп инвесторов. Оценка этого фактора отражает предпочтения отдельных групп инвесторов при выборе методик оценки. Например, если хозяйствующий субъект нацелен на привлечение стратегических инвесторов, то наиболее важным является метод дисконтированных будущих доходов.

Объектами наблюдения в мониторинге выступают социально-экономические отношения внутри предприятия и во внешней среде. Речь идет о сопоставимости уровня фактической доходности с рыночной.

В качестве субъектов следует рассматривать руководителей и авторитетных специалистов, способных судить о внутренних механизмах деятельности хозяйствующего субъекта, приоритетах его развития, состоянии и перспективах развития отрасли.

Целью создания системы мониторинга является анализ управленческой ситуации для оперативного обнаружения и эффективного устранения препятствий роста инвестиционной привлекательности. Важной предпосылкой создания системы мониторинга стало использование концепции *IBM* для обоснования принятия инвестиционных решений, и, как следствие, использование в числе прочих методического инструментария стоимостной модели. (Отметим, что изменение стоимости – слишком инерционный процесс)

Этапы формирования системы мониторинга инвестиционной привлекательности.

Определение целевого показателя. В общем случае целевым показателем системы мониторинга является существующая на данный момент инвестиционная привлекательность хозяйствующего субъекта, определяемая на основе наращивания стоимости хозяйствующего субъекта.

Создание системы целевых нормативов. Проводится рассмотрение вариантов оптимизации выбранных ранее ключевых показателей, установление значений критических отклонений.

Определение периодов контроля. Для каждого из выбранных целевых нормативов, определяется оптимальная продолжительность времени, необходимого для отслеживания изменений показателей.

Разработка системы регламентирующих документов. Данный этап предполагает описание функций управления набором целевых нормативов, для чего проводится закрепление соответствующих функций за элементами организационной структуры. Составляются графики контрольных расчетов целевых показателей, графики проведения актуализации информации, назначаются ответственные за проведение актуализации и контроля.

Разработка и утверждение регламентирующих документов. На этом этапе разрабатываются стандартизованные формы контрольной отчетности, происходит итоговое согласование процедур, сроков, ответственных.

Расчет стоимости хозяйствующего субъекта методом дисконтированных денежных потоков

	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	Остаточный период
Объект X – «Лобвалес»					
Свободный денежный поток, тыс. руб.	41 443,54	43 101,28	44 825,33	46 618,35	
Ставка дисконта, %	–	14,05			
Приведенный денежный поток при ставке дисконта %, тыс. руб.	–	37 791,57	34 461,4	31 424,69	
Темп роста денежного потока в постпрогнозный период (g), %					7
Продленная стоимость, тыс. руб.					321 499,15
Стоимость хозяйствующего субъекта, тыс. руб.					425 176,81
Объект Y – «Серовлес»					
Свободный денежный поток, тыс. руб.	2 956,11	3 074,35	3 197,33	3 325,22	
Ставка дисконта, %	–	13,77			
Приведенный денежный поток, тыс. руб.	–	2 702,25	2 470,20	2 258,07	
Темп роста денежного потока в постпрогнозный период (g), %					5
Продленная стоимость, тыс. руб.					18 358,78
Стоимость хозяйствующего субъекта, тыс. руб.					25 789,30
Объект Z – «Алапаевслес»					
Свободный денежный поток, тыс. руб.	1 278,03	1 329,15	1 382,32	1 437,61	
Ставка дисконта, %	–	14,65			
Приведенный денежный поток, тыс. руб.	–	1 159,31	1 051,62	953,94	
Темп роста денежного потока в постпрогнозный период (g), %					4
Прогнозная стоимость, тыс. руб.					6181,31
Стоимость хозяйствующего субъекта, тыс. руб.					9 346,2

Разработка системы мотивации персонала. Этап предполагает изменение существующей мотивации персонала хозяйствующего субъекта в зависимости от роста стоимости.

Оценка инвестиционной привлекательности возможна на основе различных методов, таких как рейтинговый, факторный, «бухгалтерский», стоимостной, дисконтированных денежных потоков. Это позволяет оценить область применения, вид результата исследования и др. При этом следует отличать внутреннюю стоимость хозяйствующего субъекта от инвестиционной стоимости, которая представляет собой расчетную величину выгод, получаемых конкретным инвестором с учетом рыночной капитализации.

Апробация метода дисконтированных денежных потоков на примере лесопромышленных предприятий в динамике представлена в таблице.

Относительную значимость каждого частного показателя в величине комплексной стоимостной оценки следует определять методом взвешивания. Формула показателя стоимости имеет вид

$$V_{\text{компл}} = \sum_{i=1}^i V_i P_i \quad (1)$$

где V_i – показатели стоимости, рассчитанные методом дисконтированных денежных потоков и методом реальных опционов; P_i – весовые коэффициенты показателей стоимости (i).

При определении весовых коэффициентов были использованы методы балльных

экспертных оценок и расстановки приоритетов.

На основе сравнительной оценки методов сделан вывод о целесообразности применения концепции управления стоимостью предприятия (*VBM*) для конкретного хозяйствующего субъекта.

Таким образом, повышение инвестиционной привлекательности – приоритетная задача отечественной экономики, признанная многими специалистами [3–6]. Вместе с тем, по нашему мнению, сущность процесса инвестирования на следующем этапе следует рассматривать в зависимости от сферы приложения и особенностей привлечения инвестиций. Надо отметить, что в развитых странах финансовые инвестиции превалируют над реальными инвестициями. Как правило, инвестор, желающий осуществить конкретный инвестиционный проект, прежде всего должен убедиться в том, что продукция предприятия, лежащего в основе инвестиционного проекта, будет иметь спрос на рынке. Для этого проводятся маркетинговые исследования. Оценивая тот или иной инвестиционный проект, инвестор должен выбрать альтернативу своим вложениям. При таком подходе обоснование инвестиций становится одним из важных этапов принятия решения о целесообразности участия в том или ином проекте.

При всех прочих равных условиях предпочтение будет отдаваться проектам, в которых ожидаемый чистый доход будет максимально превышать его первоначальные единовременные затраты. По сути, речь идет о прибыли, которая является одним из главных мотивов инвестирования, поскольку в своих решениях инвестор принимает норму прибыли или норму процента как критерий эффективности принимаемого решения, используя при этом методы маржинального анализа.

Библиографический список

1. Бутко, Г.П. Экономическая оценка инвестиций / Г.П. Бутко. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. – 167 с.
2. Бутко, Г.П. Анализ инвестиционной деятельности / Г.П. Бутко и др. – Екатеринбург: УГЛТУ–УПИ им. первого президента России, 2010. – 158 с.
3. Волков, А.С. Инвестиционные проекты: от моделирования до реализации / А.С. Волков. – М.: Вершина, 2006. – 255 с.
4. Раевский, С.В. Инвестиционная активность в регионе / С.В. Раевский, А.Г. Третьяков. – М.: Экономика, 2006.
5. Скрипкин, К.Г. Экономическая эффективность информационных систем / К.Г. Скрипкин. – М.: ДМК Пресс, 2012.
6. Устименко, В.А. Модель дисконтирования денежных потоков на инвестированный капитал / В.А. Устименко // Вопросы оценки. – 2004. – № 4. – С. 38–45
7. Kaplan R. S., Norton D. P. The Balanced Scorecard Translating Strategy Action. – Cambridge Mass. – 1996.

МЕТОД КОНТРОЛЯ ВИБРОУСТОЙЧИВОСТИ МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЛИНЕЙНОГО УСКОРЕНИЯ ВО МНОЖЕСТВЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОРИЕНТАЦИЙ

А.С. АФАНАСЬЕВ, 22 ЦНИИ Минобороны России, канд. техн. наук,
В.Г. ДОМРАЧЕВ, проф. каф. ИИС и ТП МГУЛ, д-р техн. наук,
Е.Г. КОМАРОВ, зав. каф. ИИС и ТП МГУЛ, д-р техн. наук,
В.М. ПОЛУШКИН, 22 ЦНИИ Минобороны России, канд. техн. наук

domrachev@mgul.ac.ru

Микроэлектромеханические преобразователи линейного ускорения (МПЛУ) являются наиболее развивающимся видом преобразователей параметров движения в стране и за рубежом. В силу их функционального назначения они находят применение в системах управления параметрами движения роботизированных комплексов, малых космических аппаратов, автомобилей, образцов специальной техники. К последним относятся, прежде всего, системы навигации, ориентации, управления движением спецсредств и др.

В условиях применения основные тактические показатели образцов специальной техники, такие как точность вывода в точку назначения, параметры траектории и др., в значительной степени зависят от устойчивости этих изделий к механическим внешним воздействиям, наиболее свойственным этим условиям.

Вместе с тем, в отсутствие стандартизованных методов контроля и оценки виброустойчивости, методология и сложившаяся практика разработчиков МПЛУ свидетельствуют о том, что используемые методы не позволяют дать объективную оценку устойчивости МПЛУ в условиях воздействия внешней вибрации.

Появление дополнительной нелинейности параметров $\Delta_{дон}$ у МПЛУ при воздействии внешних факторов обусловлено изменением выходного сигнала $U_{вых}$ в результате этих воздействий. Как показали исследования, реакцией $U_{вых}$ МПЛУ на воздействие внешней вибрации определенной частоты и ускорения являются синусоидальные колебания с параметрами, близкими к параметрам вибрации (амплитуда и частота вибрации находятся внутри диапазона преобразования изделия по ускорению и частоте).

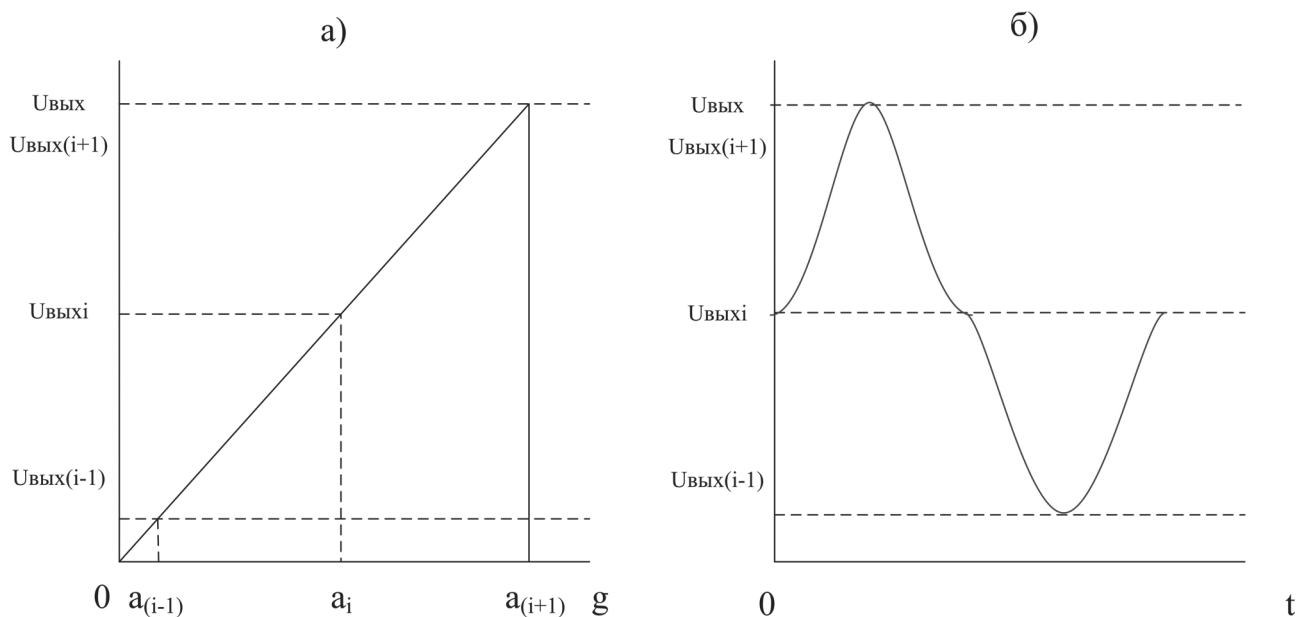


Рис. 1. Формирование дополнительной нелинейности $\Delta_{дон}$ МПЛУ в условиях воздействия внешней вибрации

С помощью рис. 1, а, б поясним появление дополнительной нелинейности $\Delta_{доп}$ в этих условиях. На рис. 1, а показана часть передаточной характеристики $U_{вых}$, измеренной в нормальных условиях. Отмеченный уровень $U_{выхi}$ соответствует входному сигналу a_i в нормальных условиях.

В условиях вибрации (рис. 1, б) видим, что $U_{выхi}$ колеблется во времени по синусоиде с частотой и амплитудой, зависящих от параметров вибрации. В результате вместо постоянного значения $U_{выхi}$, соответствующего a_i , на выходе МПЛУ в промежутки времени (равный или больший периоду частоты воздействующей вибрации) имеем сигнал переменной величины, вследствие чего выявляется зона ζa_i (от $U_{вых(i-1)}$ до $U_{вых(i+1)}$) неоднозначного определения a_i , где вместо a_i можно определить входную величину в пределах от a_{i-1} до a_{i+1} . Учитывая, что колебания $U_{вых}$ при воздействии вибрации синусоидальные, то нелинейность $\Delta_{доп}$ будет иметь распределение $f(\Delta_{доп})$, близкое к арксинусу, с диапазоном, равным длительности зоны ζa_i неоднозначного измерения a_i . Нелинейности $\Delta_{доп}$, по всем контролируемым точкам диапазона измерения образуют массив нелинейности $\Delta_{доп}$. Это объясняется тем, что МПЛУ, как преобразователи линейного ускорения, измеряют вместе с полезным ускорением и ускорением воздействующей вибрации. Зона ζa_i неоднозначного измерения полезного сигнала a , от которой зависит величина $\Delta_{доп}$, соизмерима с диапазоном преобразования испытываемого образца, но не соизмерима с величиной нелинейности $\Delta_{осн}$ в нормальных условиях, которая в данном случае практически равна удвоенной амплитуде шума выходного сигнала.

На рис. 2, а, б показаны законы распределения вероятности (ЗРВ) нелинейностей $\Delta_{осн}$ и $\Delta_{доп}$, полученные в результате контроля устойчивости реального образца МПЛУ с диапазоном измерения, равным $\pm 5g$, в условиях вибрации с ускорением $\pm 1g$ и частотой 20 Гц.

Показанное несоответствие диапазонов $\Delta_{осн}$ и $\Delta_{доп}$ ($\Delta_{доп}/\Delta_{осн} \approx$ сотни раз) привело к тому, что одни из разработчиков вообще игнорируют контроль устойчивости МПЛУ

непосредственно в условиях воздействия, ограничиваясь только контролем их прочности, другие – контролируют устойчивость МПЛУ в условиях воздействия фактора способами, недостатки которых не позволяют объективно оценить устойчивость МПЛУ к воздействию внешней вибрации [1–4].

При исследованиях МПЛУ закреплялся на вибростенде так, чтобы его чувствительный элемент измерял в нормальных условиях ускорение свободного падения. При воздействии вибрации (с частотой в пределах частотного диапазона преобразования МПЛУ и ускорением внутри диапазона преобразования) с учетом одновременно действующего ускорения свободного падения постоянное напряжение $U_{вых}$, соответствующее измеряемому ускорению $1g$, модулировалось синусоидой с частотой и ускорением вибрации. В результате напряжение $U_{вых}$ становится синусоидальным по виду, что естественно для МПЛУ как измерителя проекции кажущегося ускорения на его ось чувствительности, но тогда возникает вопрос, как сравнивать (для того чтобы определить дополнительную нелинейность от вибрации) его выходные сигналы: постоянное напряжение в нормальных условиях и переменное напряжение в условиях воздействия вибрации. Ответ, как кажется, лежит на поверхности – необходимо усреднить синусоидальный сигнал и привести его, таким образом, к сигналу постоянному, затем взять разность между значением напряжения в нормальных условиях и значением напряжения в условиях вибрации и получить абсолютное значение дополнительной нелинейности от вибрации. Но все это справедливо лишь для идеального МПЛУ, у которого отсутствуют шум, дрейф, нелинейность, нестабильность, у которого эти параметры не зависят от его положения в пространстве относительно измеряемого (полезного) ускорения. В действительности же все это присутствует, и необходимо объективно оценить испытываемое изделие [5].

Следовательно, необходимо разработать такой метод, который бы не имел этих недостатков и в большей степени моделировал реальные условия эксплуатации, при

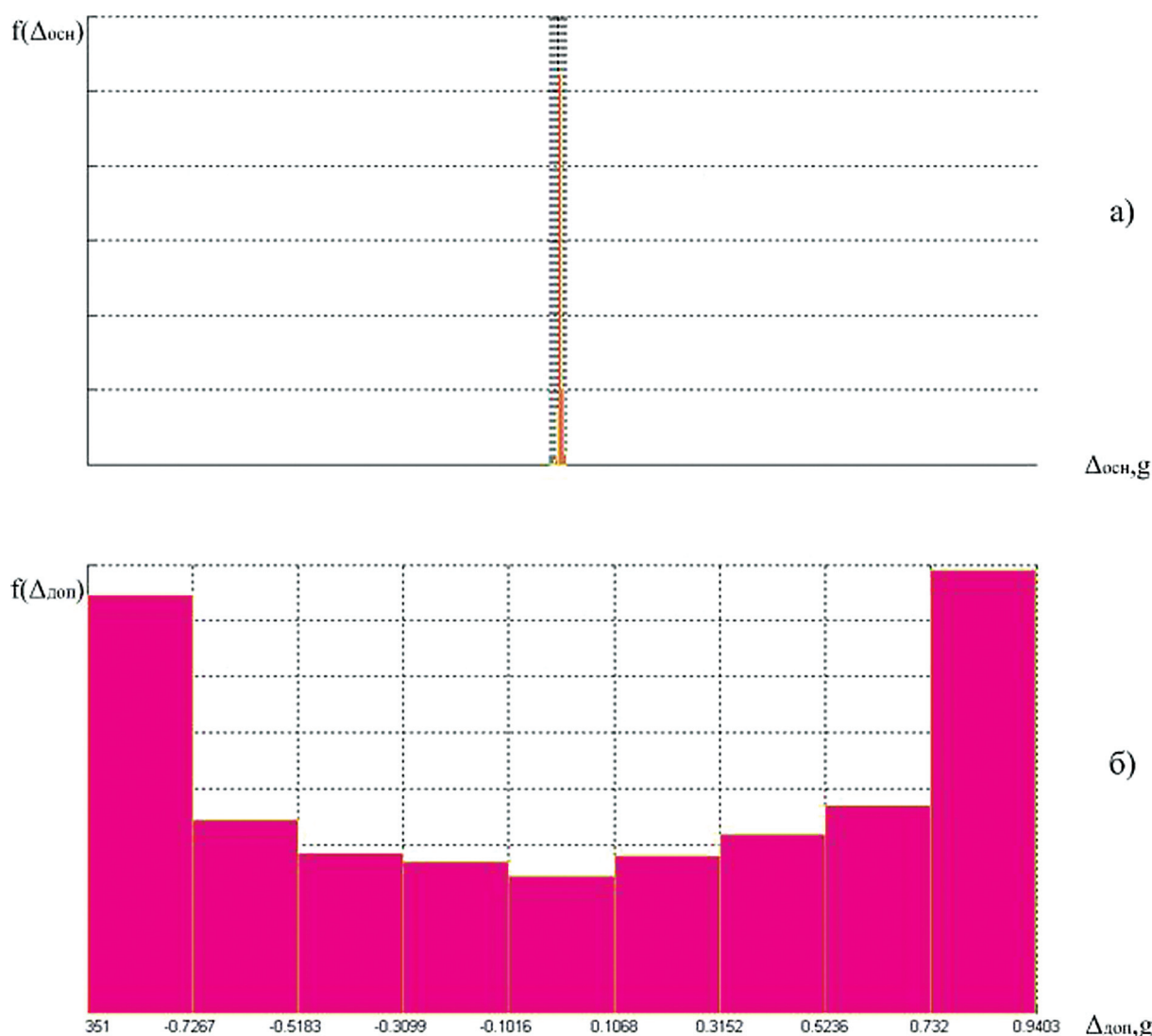


Рис. 2. Законы распределения вероятностей $f(\Delta_{осн})$ и $f(\Delta_{доп})$ сигналов МПЛУ (а – $\Delta_{осн}$, полученной в нормальных условиях; б – $\Delta_{доп}$, полученной в условиях воздействия внешней вибрации)

которых возможна любая пространственная ориентация МПЛУ.

Для реализации этих требований необходима была экспериментальная установка, которая позволяла бы менять пространственную ориентацию МПЛУ с достаточной точностью с одновременным заданием вибрационного возмущения.

Можно было бы пойти по пути изготовления специальной оснастки для вибростенда, но изготовить ее с требуемой точностью не представлялось возможным, поэтому был избран путь применения оптической делительной головки (ОДГ) в качестве устройства, задающего пространственную ориентацию МПЛУ. К ней с помощью простой оснастки крепится вибростенд. Важно как можно бо-

лее точно выставить угол пространственной ориентации МПЛУ относительно ускорения свободного падения, задавая тем самым различные значения ускорения в диапазоне $\pm 1g$, по которым мы будем строить передаточную характеристику МПЛУ в нормальных условиях (НУ) и передаточную характеристику МПЛУ в условиях вибрации, необходимые нам для дальнейших вычислений требуемых точностных параметров МПЛУ.

Разработанная экспериментальная установка состоит из оптической делительной головки (ОДГ), оснастки, миниатюрного вибростенда, осциллографа, виброшумометра, прибора комбинированного цифрового.

Параметры вибрации (вид, частота и амплитуда) задаются генератором вибростен-

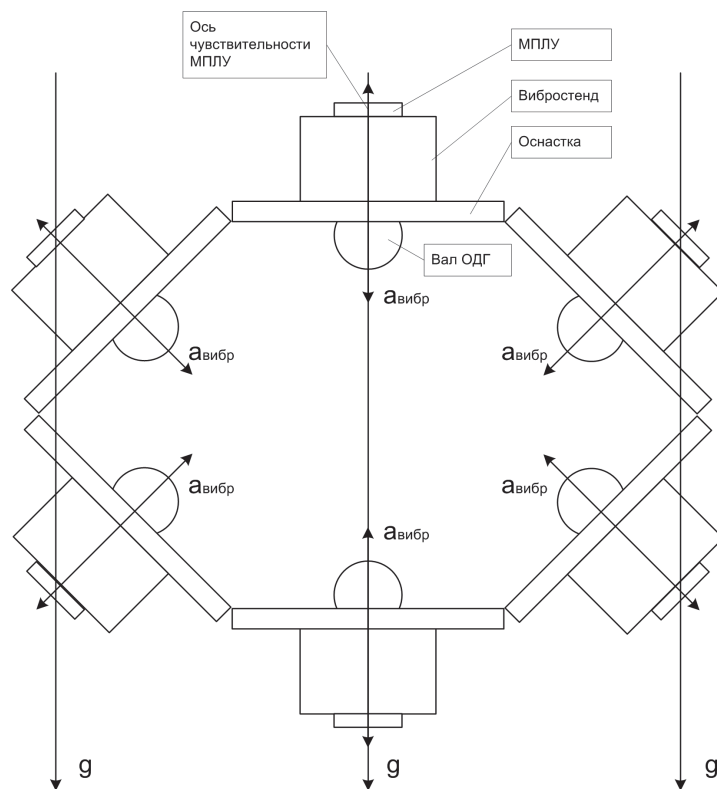
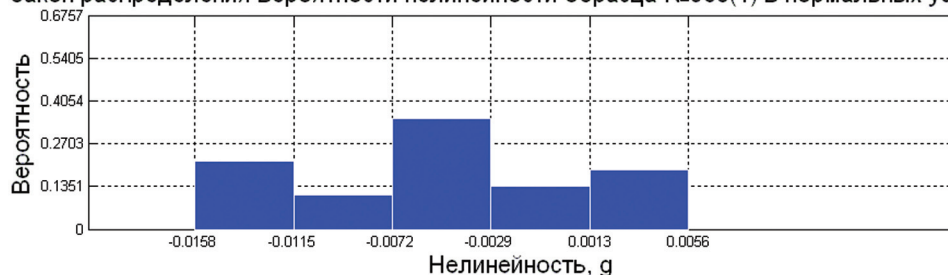


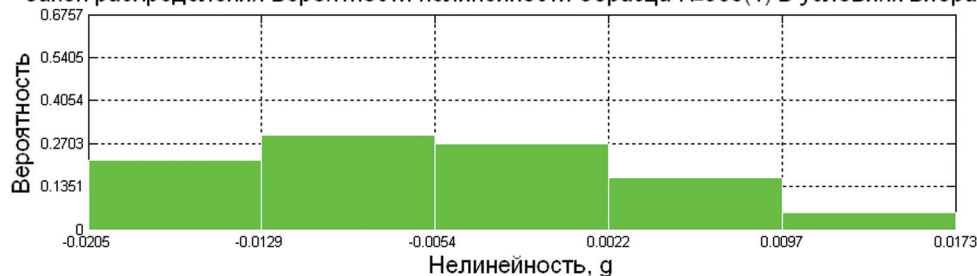
Рис. 3. Схема проведения эксперимента (g – ускорение свободного падения, $a_{\text{вибр}}$ – ускорение вибрации)

Закон распределения вероятности нелинейности образца №963(1) в нормальных условиях



$m = -0.0048891$
 $\sigma = 0.0061795$
 $d = 0.021485$
 $h = 0.0042969$

Закон распределения вероятности нелинейности образца №963(1) в условиях вибрации



$m = -0.0050634$
 $\sigma = 0.0088155$
 $d = 0.037801$
 $h = 0.0075602$

Закон распределения вероятности дополнительной нелинейности от вибрации образца №963(1)



$m = -0.00017432$
 $\sigma = 0.0058696$
 $d = 0.027042$
 $h = 0.0054083$

Рис. 4. Виды ЗРВ нелинейностей параметров образца МПЛУ №963 (m – оценка математического ожидания, σ – СКО, d – диапазон ЗРВ, h – шаг ЗРВ; размерность всех этих величин – g)

да. Для исследований была принята синусоидальная вибрация с постоянными частотой и амплитудой для выяснения их влияния на дополнительную нелинейность от вибрации.

Оснастка представляет собой достаточно толстую алюминиевую пластину, закрепленную на валу ОДГ. Исполнительный элемент вибростенда крепится к оснастке через резиновую прокладку для недопущения перехода вибрации на ОДГ и для возможности выравнивания плоскости вибростола по горизонту.

Исследуемые изделия закреплялись на вибростоле с использованием специальной мастики, что являлось достаточным за счет малого веса самих изделий и невысоких значений амплитуды воздействующей вибрации, величина которой контролировалась виброшумометром с помощью размещенного на вибростоле вибродатчика, частота и форма контролировались по осциллографу.

При реализации эксперимента появилась возможность вращать МПЛУ, закрепленный на вибростоле, и в каждой из требуемых точек пространственной ориентации получать выходной сигнал МПЛУ в нормальных условиях и условиях воздействия вибрации. Изложенное наглядно показано на рис. 3 в виде схемы.

Ось чувствительности МПЛУ (рис. 3) в любом положении совпадает с направлением ускорения вибрации, а относительно направления ускорения свободного падения постоянно меняет свое положение. Данная схема проведения эксперимента была принята исходя из имитации следующей реальной ситуации, критичной для измерения входного линейного ускорения.

На реальный объект в процессе эксплуатации воздействует ускорение внешней вибрации (дестабилизирующего фактора), направление которой неизменно относительно оси чувствительности МПЛУ. В самом критичном случае направление вибрации может совпадать с его осью чувствительности. Направление измеряемого линейного ускорения изменяется относительно оси чувствительности МПЛУ. В этом случае параметры образца имеют максимальную дополнительную нелинейность от вибрации.

Контроль виброустойчивости проводился в 180 точках. Измерение выходной величины при воздействии вибрационных нагрузок производилось сразу (через 10–20 сек) в каждой точке после измерения их в нормальных условиях. Это дало возможность получать измерения выходного сигнала МПЛУ только от воздействия вибрации при достаточно малом влиянии других факторов, например дрейфа нуля.

В эксперименте контролировали значения $U_{\text{вых}}$, соответствующие проекциям ускорения ($\pm 1g$). Для МПЛУ с аналоговым выходом в соответствии с основным уравнением измерения $U_{\text{вых}}^* = \Psi(a) + \Delta_{\text{осн}}$ первичная обработка измеренных данных в нормальных условиях начиналась с определения величины систематической составляющей – смещения нуля, обусловленной наличием выходного сигнала при отсутствии сигнала на входе МПЛУ и невозможностью точного совмещения нуля МПЛУ с нулевым отсчетом угломерного устройства $\Delta U_{\text{вых}} = (U_{\text{вых}90} - U_{\text{вых}270})/2$, где индексы 90 и 270 означают положения оси чувствительности МПЛУ с точностью примененной ОДГ-5Э как перпендикулярных вектору ускорения силы тяжести Земли, в которых в идеале выходной сигнал МПЛУ должен бы быть равен нулю. Наличие же на выходе МПЛУ сигналов в этих положениях дает нам информацию о величине систематической погрешности.

Вычитаем систематическую составляющую из значений всех точек измерения $U_{\text{выхи}} = U_{\text{выхи}}^* - \Delta U_{\text{вых}}$.

Вычисляем значение номинального масштабного коэффициента

$$K_{\text{Мном}} = \sum_{i=1}^k (U_{\text{выхи}} \times a_i) / \sum_{i=1}^k a_i^2.$$

Вычисляем номинальную передаточную характеристику МПЛУ, которая должна проходить через начало координат $U_{\text{выхи}} = K_M \cdot a$.

Вычисляем нелинейность $\Delta_{\text{осн}}$ в нормальных условиях $\Delta_{\text{осн}i} = U_{\text{выхи}} - U_{\text{выхном}i}$, где $U_{\text{выхном}i}$ – i -е значения номинальной передаточной характеристики.

Приведенная совокупность математических выражений используется для опреде-

ления точностных характеристик МПЛУ при воздействии на него внешних вибрационных факторов. В итоге мы получаем значение нелинейности Δ_{Σ} для МПЛУ с аналоговым выходом.

Математическая модель для МПЛУ с цифровым выходом аналогична математической модели, изложенной выше для МПЛУ с аналоговым выходом.

Для статистической обработки полученных промежуточных результатов строим гистограммы (статистический вид ЗРВ) нелинейностей $\Delta_{\text{осн}}$ и Δ_2 МПЛУ в нормальных условиях и нелинейностей Δ_{Σ} и $\Delta_{2\Sigma}$ в условиях вибрации для изделий с аналоговым и цифровым выходами. Определяем параметры этих ЗРВ: оценку математического ожидания в виде среднего арифметического $m(\Delta_{\text{осн}})$ или $m(\Delta_2)$, $m(\Delta_{\Sigma})$ или $m(\Delta_{2\Sigma})$; оценку среднего квадратического отклонения $\sigma(\Delta_{\text{осн}})$ или $\sigma(\Delta_2)$, $\sigma(\Delta_{\Sigma})$ или $\sigma(\Delta_{2\Sigma})$; диапазон закона $d(\Delta_{\text{осн}})$ или $d(\Delta_2)$, $d(\Delta_{\Sigma})$ или $d(\Delta_{2\Sigma})$. Определяем значения дополнительной нелинейности от вибрации $\Delta_{\text{доп}} = \Delta_{\Sigma} - \Delta_{\text{осн}}$ или $\Delta_{2\text{доп}} = \Delta_{2\Sigma} - \Delta_2$, строим гистограмму нелинейности $\Delta_{\text{доп}}$ или $\Delta_{2\text{доп}}$ и определяем параметры ее ЗРВ аналогично указанному выше.

На рис. 4 (а–в) показаны ЗРВ $\Delta_{\text{осн}}$ МПЛУ с аналоговым выходом, определенные в нормальных условиях (а) по передаточной функции в диапазоне входных ускорений (от $-1g$ до $-1g$ т.е. от 0 до 360°), и ЗРВ Δ_{Σ} (б) для того же диапазона при воздействии на изделие вибрации, а также отдельно выделен ЗРВ $\Delta_{\text{доп}}$ от воздействия вибрации (в). Все распределения, для наглядности, даны в одном масштабе.

Таким образом, разработан метод контроля дополнительной нелинейности МПЛУ, позволяющий значительно повысить достоверность оценки виброустойчивости этих изделий по сравнению с существующими методами.

Библиографический список

1. Технические условия АЕСН.460810.001 ТУ Микроэлектромеханические преобразователи линейных ускорений АМЭМ-131, АМЭМ-132, АМЭМ-135
2. Технические условия АЕЯР.431320.708 ТУ Преобразователи линейного ускорения, микроэлектромеханические серии 2604
3. Технические условия ИФДЖ. 402139.006 ТУ Акселерометр АТ1105
4. Технические условия СДАИ.402139.055 ТУ Акселерометры низкочастотные линейные АЛЕ 062
5. Коновалов, С.Ф. Теория виброустойчивости акселерометров / С.Ф. Коновалов. – М.: Машиностроение. 1991. – 272 с.

МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЛИНЕЙНОГО УСКОРЕНИЯ С ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Е.Г. КОМАРОВ, зав. каф. ИИС и ТП МГУЛ, д-р техн. наук,

С.П. ТИМОШЕНКОВ, проф. каф. микроэлектроники НИУ МИЭТ, д-р техн. наук,

А.С. ШАЛИМОВ, доц. каф. микроэлектроники НИУ МИЭТ, канд. техн. наук

komarov@mgul.ac.ru

В настоящее время существует большое разнообразие микроэлектромеханических устройств (МЭМС-устройств). К этой категории относятся микрзеркала, микроэлектромеханические преобразователи линейного ускорения (МПЛУ), микроэлектромеханические преобразователи угловой скорости, датчики давления и др. Принцип работы этих устройств различен, но всех их объединяет технология микросистемной техники и методы формирования чувствительного элемента – поверхнос-

тная или объемная технология микромеханики и другие. Независимо от достоинств или недостатков выбранной технологии кремниевый чувствительный элемент МЭМС-устройства может быть интегрирован в твердое тело микросхемы обработки сигнала. Это позволяет значительно сократить габариты готового изделия, снизить уровень шумов, сократить расходы на корпусирование и т.п.

Среди множества МЭМС-устройств выделяется особый класс инерциальных сен-

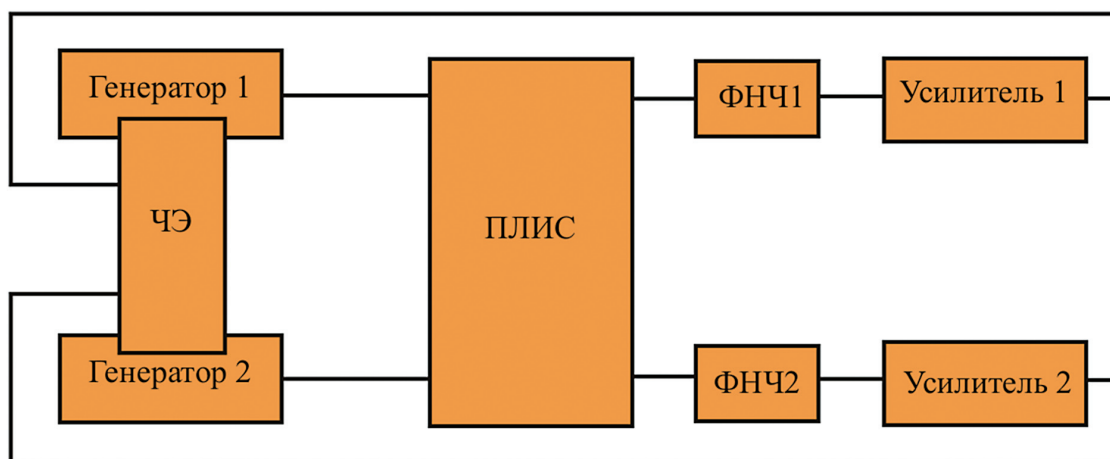


Рис. 1. Структурная схема МПЛУ

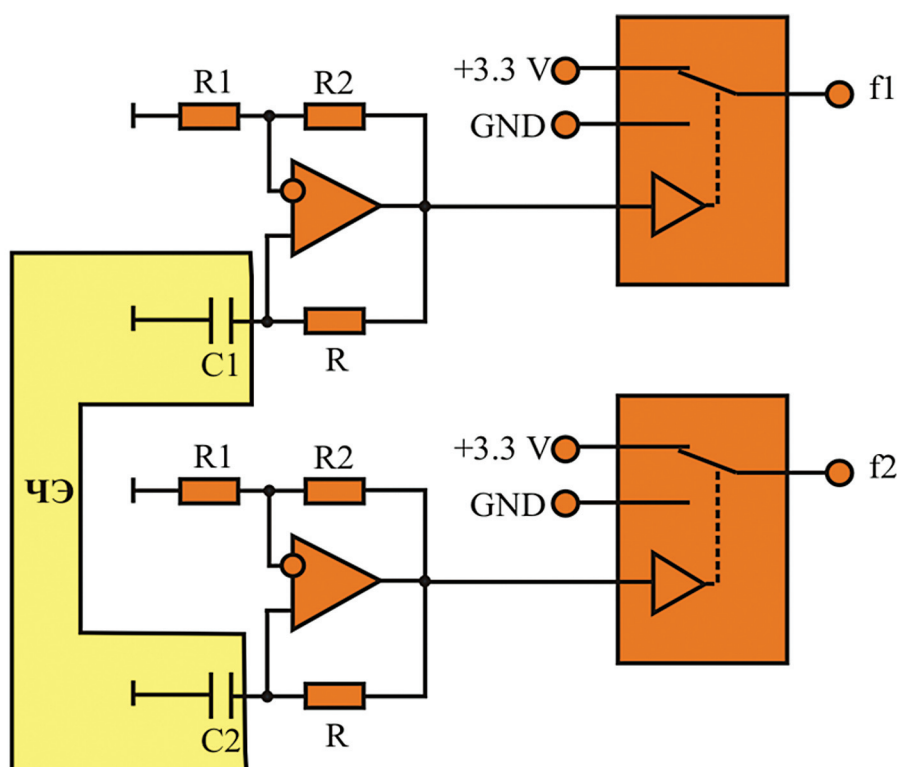


Рис. 2. Схема генераторов

соров, а именно, преобразователи линейных ускорений.

Электронные схемы преобразователей постоянно развиваются и улучшение их параметров существенным образом может улучшить характеристики разрабатываемых приборов. Компенсационные схемы для МЭМС-преобразователей могут позволить расширить частотный диапазон и диапазон измерения ускорения.

В настоящее время емкостные МПЛУ находят все более широкое применение в раз-

личных областях техники. Использование их в качестве средства для ориентации позволяет эффективно управлять движением объектов различного назначения, что позволяет говорить о востребованности преобразователей и актуальности разработок систем на их основе.

Неотъемлемой частью любого МПЛУ является его чувствительный элемент (ЧЭ). Независимо от конструктивной реализации структуры ЧЭ его эквивалентная схема может быть представлена как совокупность пере-

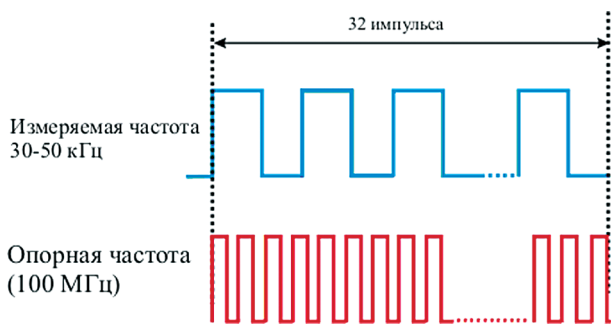


Рис. 3. Определение частоты сигнала

менных конденсаторов, изменяющих емкость в зависимости от величины и направления приложенного ускорения, что позволяет говорить о наличии соответствия между емкостями ЧЭ и параметрами приложенного ускорения. Измерение этих емкостей с высокой разрешающей способностью является главной задачей, решение которой обеспечивает эффективную оценку ускорений движущихся в пространстве объектов.

В данной работе в качестве прототипа [1, 2] была выбрана схема с частотным способом съема с последующей обработкой сигнала

в схеме на базе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) (рис. 1). Такой выбор объясняется тем, что при организации съема сигнала на генераторах меандра можно существенно повысить быстродействие МПЛУ, поскольку полоса частот готового изделия будет ограничиваться лишь скоростью обработки сигнала в ПЛИС, именно, алгоритмом программной прошивки. При правильной реализации контура обратной связи такая схема потенциально способна существенно расширить диапазон измеряемых ускорений.

Исходя из вышеизложенного была разработана схема, принцип работы которой заключается в следующем: при возникновении ускорения, направленного вдоль оси чувствительности МПЛУ, происходит отклонение ротора ЧЭ от исходного положения, что ведет за собой изменение эквивалентной емкости ЧЭ. Генераторы построены таким образом, что ЧЭ МПЛУ выступает в роли частотозадающего конденсатора и при возникновении ускорения меняющаяся емкость ЧЭ влечет за

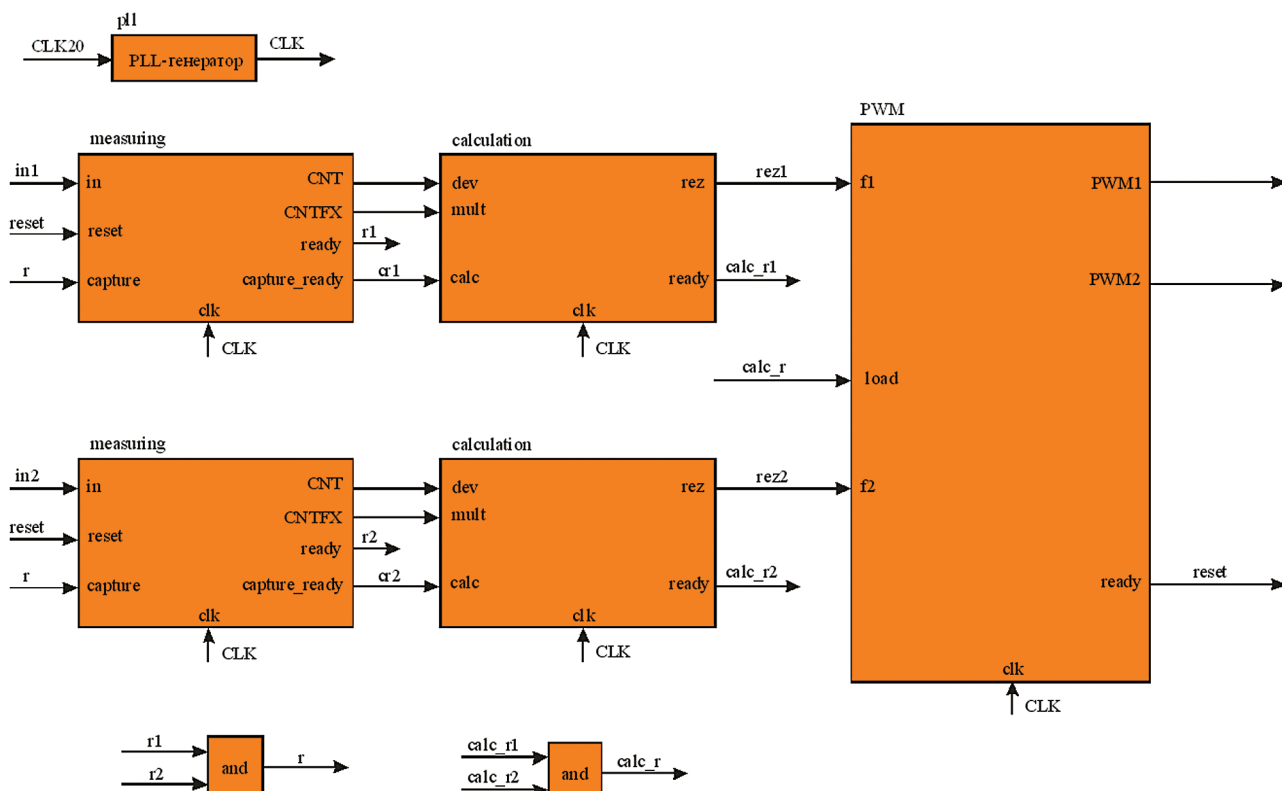


Рис. 4. Структурная схема блока обработки сигнала на ПЛИС: *CLK* – тактовая частота; *measuring* – блок подсчета числа импульсов; *calculation* – блок расчета частоты; *PWM* – блок формирования ШИМ-сигнала; *in1, in2* – входные частоты; *r1, r2* – сигналы готовности расчета числа импульсов; *calc_r1, calc_r2* – сигналы готовности расчета частоты

собой изменение частоты формируемого сигнала. Далее происходит измерение частоты сигнала с помощью ПЛИС и последующая математическая обработка. Сформированный выходной сигнал ПЛИС представляет собой широтно-импульсный сигнал, который далее фильтруется с помощью активного фильтра по схеме Саллена-Кея и усиливается неинвертирующим операционным усилителем. Таким образом, выходной сигнал подается обратно на обкладку чувствительного элемента, формируя замкнутый контур обратной связи.

Генераторы построены по классической схеме мультивибратора (рис. 2) с той лишь разницей, что дополнительно был введен аналоговый переключатель для приведения уровней сигналов генераторов к допустимым уровням входов ПЛИС.

Проведенное *PSpice*-моделирование показало работоспособность разработанной схемы.

Рассмотрим вопрос измерения частоты сигналов. Существует 2 способа измерения частоты – прямой (когда фактически ведется определение частоты по одному периоду, в течение которого ведется подсчет импульсов эталонного сигнала, но он обеспечивает очень низкую точность измерения) и накопления (когда определение частоты сигнала идет не по одному периоду, а по нескольким в зависимости от необходимой точности и быстродействия).

В нашем случае вместе с высокой точностью необходимо иметь и высокое быстродействие. Рассмотрим реализацию метода накопления с подсчетом количества периодов за интервал измерения, в нашем случае 1 мс. Таким образом, останов измерения происходит тогда, когда счетчик опорной частоты (100 МГц) досчитает до 100000. По сигналу остановки счетчика опорной частоты останавливается счетчик сигнала неизвестной частоты. После чего определяется частота по формуле

$$F = F_{clk} \times N_i / N_x = 1000 \times N_p$$

где N_i – количество импульсов входного сигнала;

N_x – количество импульсов опорного сигнала;

F_{clk} – частота опорного сигнала;

F – частота входного сигнала.

При этом абсолютная погрешность измерения частоты составит ± 1 кГц, что является недопустимым в нашем случае. Второй метод измерения – фиксирование количества импульсов сигнала искомой частоты (рис. 3). Относительная точность измерения данного метода определяется как $100\% / N_x$, где N_x – количество импульсов опорной частоты. Для оценки погрешности зададим время измерения – 1 мс. Тогда погрешность измерения составит $100\% / 100000 = 0.001\%$. Тогда как относительная погрешность измерения для первого случая при частоте входного сигнала 40 кГц будет равна 2.5%. Вторым рассмотренным методом является более подходящим, поэтому остановимся на его выборе.

Структурная схема блока обработки сигнала на ПЛИС представлена на рис. 4. Функционально имеем 2 счетчика: входной частоты и опорной. Счетчик опорной частоты имеет целью подсчитать число импульсов, которое поместится во временном интервале, равном 32 импульсу измерительной частоты. По переполнению счетчика входной частоты работа обоих счетчиков останавливается и формируется сигнал готовности передачи данных в следующий блок. Следующий блок имеет целью рассчитать частоту поступившего на вход сигнала по числу импульсов, рассчитанных счетчиками. После окончания расчета опять формируется сигнал готовности и данные передаются в последний, третий блок. Последний блок имеет целью произвести математическую обработку и сформировать два ШИМ-сигнала.

Представляется целесообразным рассмотреть отдельно математический алгоритм обработки сигналов.

Блок-схема математического алгоритма представлена на рис. 5. Первоначально в алгоритме происходит инициализация значений ШИМ-сигнала (*PWM*) и значения управляющего коэффициента K . После этого сигнал обрабатывается согласно приведенному алгоритму, где непрерывно, в цикле, происходит расчет значений поступившей на вход ПЛИС частоты сигнала и его обработка.

Измерение основных параметров проводилось на поворотном стенде, совмещенном с термокамерой. Поворотный стенд поворачи-

Результаты испытаний опытного образца МПЛУ до и после введения компенсационной обратной связи

Параметр МПЛУ	Значение параметра	
	без обратной связи	с обратной связью
Нелинейность статической характеристики, %	3,4	1,22
Среднеквадратическое отклонение шума, мВ	43	10
Полоса рабочих частот, Гц	25	65
Температурный дрейф нулевого сигнала в диапазоне рабочих температур, мВ	21,8	15
Диапазон преобразования, g	±1	±6

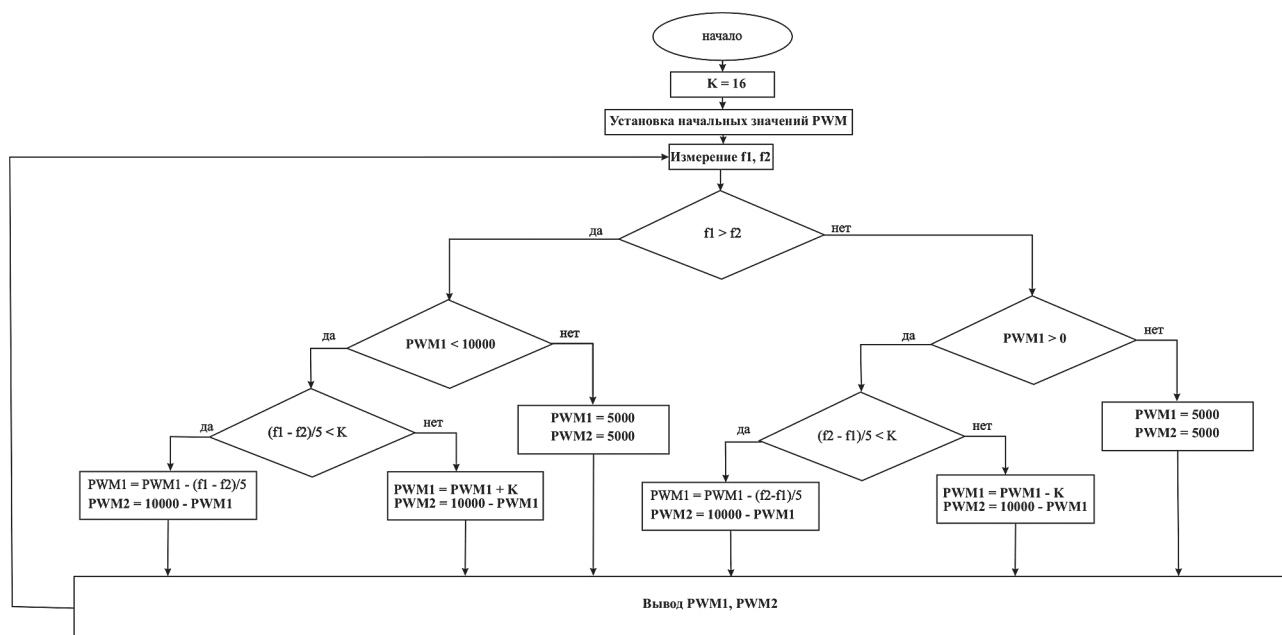


Рис. 5. Блок-схема математического алгоритма обработки сигнала на ПЛИС: f_1, f_2 – входные частоты; PWM_1, PWM_2 – значения выходного регистра ШИМ-сигнала каналов 1 и 2; K – управляющий коэффициент

вает на 30° образцы, закрепленные в оснастке, формируя таким образом различные проекции ускорения на ось чувствительности МПЛУ. Для каждого такого положения производилось измерение выходного сигнала с помощью платы сбора данных. Каждый такой цикл измерений – поворот на 360 градусов с шагом в 30 градусов – проводился при различных температурах, задаваемых термокамерой.

Применение предложенных алгоритма, программы и схемотехнической реализации позволило улучшить практически все основные параметры МПЛУ (таблица), приведенные в таблице, а именно: в 2 раза снижена нелинейность статической характеристики, в 4 раза снижено среднеквадратичное отклонение шума, в 2.5 раза расширена полоса рабочих частот, снижен температурный

дрейф нулевого сигнала и, наконец, в 6 раз расширен диапазон рабочих ускорений.

Таким образом, в результате проделанной работы был изготовлен опытный образец емкостного МПЛУ, обладающий конкурентоспособными параметрами, достигнутыми посредством введения компенсационной обратной связью. Это позволяет говорить о перспективности выполненной разработки и целесообразности проведения дальнейших исследований с целью получения изделия, примененного в различных областях современной техники.

Библиографический список

1. Россия, патент на изобретение № 2148830, G01P15/125, Акселерометр.
2. Россия, патент на изобретение № 2184380, G01P15/13, Компенсационный акселерометр.

О ПОВЕДЕНИИ СИСТЕМЫ ЖИДКОСТЬ–ГАЗ В УСЛОВИЯХ, БЛИЗКИХ К НЕВЕСОМОСТИ

А.В. КОРОЛЬКОВ, *проф. МГУЛ, д-р физ.-мат. наук*

korolkov@mgul.ac.ru

Поведение системы жидкость–газ в условиях, близких к невесомости, определяется многими факторами [1]. К ним можно отнести, кроме физических свойств жидкости, газа и стенок сосуда, размеры и форму сосуда, частично заполненного жидкостью, степень его заполнения, текущее относительное положение жидкости и газа, величину и характер изменения остаточных ускорений. На поведение системы жидкость–газ может существенно повлиять также внешнее воздействие (например тепловое или акустическое). В условиях, близких к невесомости, в системе жидкость–газ фазы могут быть отделены друг от друга непрерывной односвязной поверхностью, газовые пузыри могут находиться внутри жидкости, или наоборот, отдельные объемы (капли) жидкости могут быть взвешены в газе. В любом случае при рассмотрении поведения такой системы может быть применена механическая аналогия. Несжимаемая жидкость представляет собой тяжелую инерционную среду, а сжимаемый газ – легкую, но упругую среду. Можно исследовать как собственные, так и вынужденные колебания такой маятниковой системы и определять условия возникновения резонанса.

Рассмотрим простой пример. Пробирка заполнена жидкостью (рис. 1), в жидкости имеется газовый пузырь. Будем считать, что трение между жидкостью и стенками пробирки отсутствует, а пузырь достаточно большой, что разбивает жидкость на два отдельных объема. Зависимость температуры газа от давления при адиабатическом сжатии описывается формулой

$$\frac{T}{T_\infty} = \left(1 + \frac{p}{p_\infty}\right)^{\frac{k-1}{k}},$$

где k – показатель адиабаты.

При малых значениях избыточных давлений по отношению к давлению окружающей среды можно считать температуру

постоянной. Пренебрегая массой газа, можно записать уравнение движения слоя жидкости, находящегося между пузырем и окружающей средой, под воздействием внешней силы $g(t) = -(p(t) - p_\infty)/(\rho L)$ следующим образом

$$y + ay = g(t). \tag{1}$$

Здесь (рис. 1) ρ – плотность жидкости, L – отношение объемов жидкой прослойки

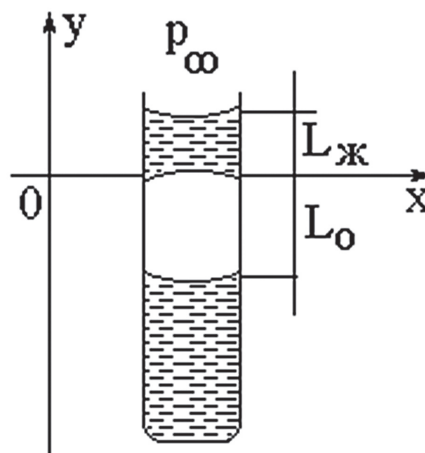


Рис. 1

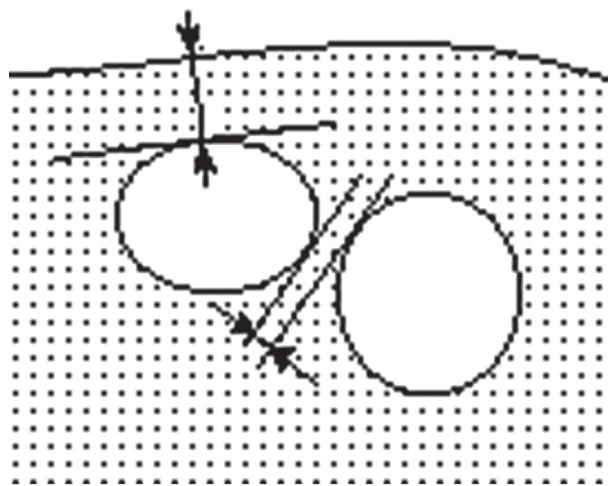


Рис. 2

Т а б л и ц а

№	L	Резонансная частота (Гц)
1	0.1	10
2	0.3	5.77
3	1	3.16
4	3	1.82
5	10	1

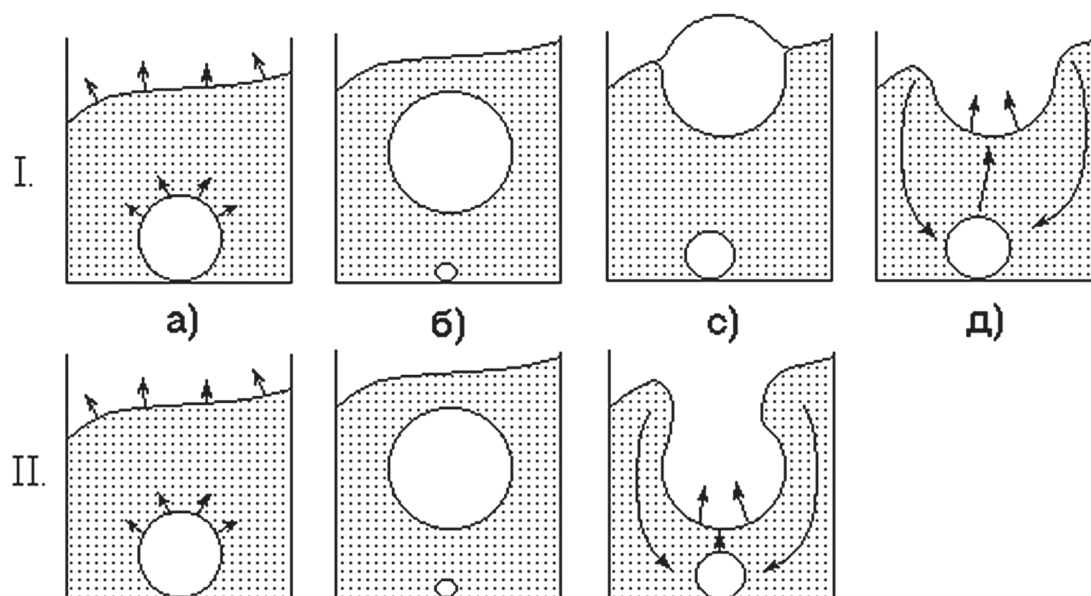


Рис. 3

и газового пузыря (или же отношение протяженности слоя жидкости к протяженности газового включения), $a = p_{\infty}/(\rho L)$. Это уравнение гармонических колебаний. Если на покоящуюся в начальный момент систему воздействовать периодической силой $g(t) = g_0 \cos(t \sqrt{a})$, то слой жидкости будет испытывать колебания с возрастающей амплитудой

$$y(t) = \frac{g_0 \cdot t}{2 \cdot \sqrt{a}} \cdot \sin(t \cdot \sqrt{a}). \quad (2)$$

Резонансная частота

$$\omega = \sqrt{a} = \sqrt{\frac{P_{\Psi}}{\rho \times L}}, \quad (3)$$

для большинства реальных систем находится в пределах от 100 до 0,1 Гц. Так, для воды при нормальном атмосферном давлении для различных значений параметра L значения резонансных частот приведены в таблице.

Формулу (3) можно использовать для оценки резонансной частоты колебания слоя жидкости, отделяющего пузырь газа в жидкости от свободной поверхности, или разделяющего два газовых пузыря в объеме жидкости (рис. 2).

Колебания могут быть вызваны остаточными ускорениями или акустическим воздействием. При нагреве жидкости рождаются акустические волны, вызванные температурным расширением в области нагрева [2], пульсации давлений большой амплитуды с частотой

той отрыва паровых пузырей сопровождаются процессом пузырькового кипения [3]. По нашему мнению, явление резонанса в колебаниях слоев жидкости в системе жидкость–пар может существенно влиять на развитие пузырькового кипения в условиях невесомости.

На рис. 3 показаны два возможных сюжета развития пузырькового режима кипения в условиях невесомости. В первом случае показано, как паровой пузырь, достигший поверхности жидкости, возбуждает за счет поверхностных капиллярных сил циркуляционное течение в объеме жидкости, которое способствует отрыву от поверхности нагревателя следующего парового пузыря. Таким образом обеспечивается отвод паровых пузырей от поверхности нагревателя и реализуется пузырьковый режим кипения жидкости в невесомости. Интенсивность циркуляционного течения, отводящего паровые пузыри от поверхности нагревателя, может быть увеличена за счет разрушения перемычки между пузырьком и окружающей средой на более ранней стадии, как это показано на рис. 3 (случай II). Разрушение перемычки может быть спровоцировано пульсациями давления, которые всегда наблюдаются при нагреве и кипении жидкости. Причем, частота пульсаций давления уменьшается от нескольких тысяч Гц в процессе нагрева жидкости до единиц Гц при развитии пузырькового кипения [2, 3]

и в какой-то момент совпадет с собственной частотой слоя жидкости (которая по формуле (3) увеличивается с единиц Гц до десятков Гц по мере уменьшения толщины перемычки). В настоящее время ведутся работы по получению количественных условий проявления указанного эффекта с целью получения устойчивого пузырькового режима кипения в условиях, близких к невесомости.

Библиографический список

1. Савичев, В.В. О влиянии эволюции вектора остаточных ускорений на гидродинамические системы / В.В. Савичев, А.В. Корольков, А.М. Ветошкин // *IV российский симпозиум «Механика невесомости. Итоги и перспективы фундаментальных исследований гравитационно-чувствительных систем»* 11–14 апреля 2000 г. Москва. Тезисы докладов. – М., 2000. – С. 47–49.
2. Ветошкин, А.М. Об особенностях кипения в условиях невесомости. Автоматизация и компьютеризация информационной техники и технологии / А.М. Ветошкин, А.В. Корольков, В.В. Савичев // *Науч. труды МГУЛ. – Вып. 308. – 2000. – С. 54–66.*
3. Корольков, А.В. Исследование механизма отрыва паровой фазы при поверхностном кипении жидкости / А.В. Корольков, С.К. Коротаев, В.В. Савичев и др. // *Поверхность, рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2001. – № 9. – С 90–95.*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗВЕШЕННЫХ ОТРЕЗКОВ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОГО КЛАССА ИНТЕРВАЛЬНЫХ НЕЧЕТКИХ ЧИСЕЛ ВТОРОГО ТИПА И ОПЕРАЦИЙ С НИМИ

О.М. ПОЛЕЩУК, *проф. каф. высшей математики МГУЛ, д-р техн. наук,*
Н.Э. МАЛОЛЕПШАЯ, *асс. каф. высшей математики МГУЛ*

olga.m.pol@yandex.ru

Нечеткая логика чисел второго типа становится все более популярной областью исследований и применений. [1]. Нечетким числом второго типа называется нечеткое подмножество универсального множества X , если значениями его функции принадлежности являются нечеткие подмножества интервала $[0,1]$. Нечеткие числа второго типа как расширение нечетких чисел первого типа были введены Л. Заде. Первоначально, Л. Заде пользовался словом «*fuzzy*» (нечеткий) применительно к категориям языка и мышления, но не для описания природы явлений. Однако позже он разработал типологию границ (граничных или краевых условий протекания явлений) в терминах описывающих их категорий. Хорошо различимые границы могут быть описаны нечеткими функциями принадлежности. Это – основа теории нечетких множеств типа 1. Однако, когда границы плохо различимы, например, выражены некоторыми зонами, их можно выразить нечеткими множествами типа 2 и выше. Так у нечетких чисел второго типа отдельные значения принадлежности задаются функциями

принадлежности, т.е. учитывается неточность определения принадлежности. Они могут выражать лингвистическую неопределенность, связанную с различными оттенками смысла слов. В реальном общении людей слова имеют неточные значения, порой интерпретируемые как двусмысленность размытость, и пр. Это справедливо даже в случае одного заданного контекста, например, процессов принятия решений или описания природных явлений. В частности, нечеткими словами второго типа и выше можно выражать величины рисков, связанных с принятием управленческих решений (модели исследования операций и менеджмента). Итак, преимущество нечетких чисел второго типа состоит в их способности выражать больше информации, они обеспечивают формализацию большего количества дополнительных степеней неопределенности, по сравнению с нечеткими числами первого типа. Но в то же время с нечеткими числами второго типа работать достаточно сложно (из-за наличия дополнительной размерности), поэтому, как правило, рассматриваются их специальные классы.

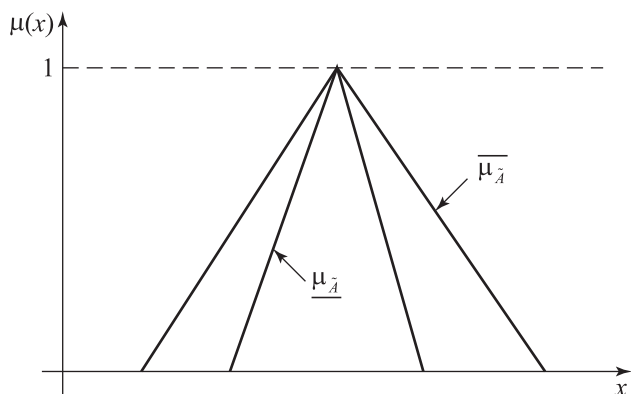


Рисунок. Интервальное нечеткое числа второго типа с $LMF \underline{\mu}_{\tilde{A}}$ и $UMF \overline{\mu}_{\tilde{A}}$

Рассмотрим частный случай интервального нечеткого числа второго типа (*interval type-2 fuzzy sets (IT2 FS)*), представленный на рисунке.

Это число определено нижней функцией принадлежности LMF и верхней функцией принадлежности UMF , которые обозначены $\underline{\mu}_{\tilde{A}}$ и $\overline{\mu}_{\tilde{A}}$ соответственно, $\underline{\mu}_{\tilde{A}} = (a^L, a_l^L, a_r^L)$, $\overline{\mu}_{\tilde{A}} = (a^U, a_l^U, a_r^U)$. Первый параметр в скобках – это абсцисса вершины треугольника, который является графиком соответствующей функции принадлежности, а два последних параметра – это длины правой и левой боковых сторон треугольника.

В настоящей работе осуществляется попытка облегчить операции с нечеткими числами второго типа, для чего вводятся взвешенные отрезки для нижней и верхней функций принадлежности.

Определение взвешенных отрезков для нечетких чисел первого типа (в дальнейшем будем говорить просто нечетких чисел) берет свою историю с работы [2], в которой для нормального треугольного числа $\tilde{B} = (b, b_p, b_r)$ дано определение взвешенной точки

$$B = \frac{\int_0^1 \left(\frac{B_\alpha^1 + B_\alpha^2}{2} \right) 2\alpha d\alpha}{\int_0^1 2\alpha d\alpha} = \int_0^1 (B_\alpha^1 + B_\alpha^2) \alpha d\alpha = \int_0^1 (b - (1-\alpha)b_l + b + (1-\alpha)b_r) \alpha d\alpha = b + \frac{1}{6}(b_r - b_l).$$

Согласно этому определению два нормальных симметричных ($b_l = b_r$) треугольных числа независимо от значений коэффициен-

тов нечеткости b_p, b_r преобразуются в одно четкое число b .

Например, рассмотрим два нечетких треугольных числа: $\tilde{A} = (2, 2, 2)$, $\tilde{B} = (2, 1, 1)$.

Взвешенные точки для чисел \tilde{A}, \tilde{B} , обозначенные через A, B , равны

$$A = \int_0^1 (4 - 2(1-\alpha) + 2(1-\alpha)) \alpha d\alpha = 2,$$

$$B = \int_0^1 (4 - (1-\alpha) + (1-\alpha)) \alpha d\alpha = 2.$$

Чтобы устранить подобный недостаток и разделить два разных числа, в работе [3] было введено новое понятие – взвешенное множество. Взвешенное множество треугольного нечеткого числа $\tilde{A} \equiv (a, a_p, a_r)$ представляет собой объединение взвешенных точек всех треугольных чисел $\tilde{B} \equiv (b, b_p, b_r)$, принадлежащих числу, и определяется следующим образом

$$A_1 = \int_0^1 (a - (1-\alpha)a_l + a) d\alpha = a - \frac{1}{6}a_l,$$

$$A_2 = \int_0^1 (a + a + (1-\alpha)a_r) d\alpha = a + \frac{1}{6}a_r,$$
(1)

Таким образом, взвешенным множеством для треугольного нечеткого числа $\tilde{A} \equiv (a, a_p, a_r)$ является отрезок $[A_1, A_2]$, где $A_1 = a - 1/6a_p$, $A_2 = a + 1/6a_r$, который был назван взвешенным отрезком треугольного числа \tilde{A} .

Рассмотрим снова два треугольных нечетких числа, о которых шла речь выше: $\tilde{A} \equiv (2, 2, 2)$, $\tilde{B} = (2, 1, 1)$, и определим взвешенные отрезки $[A_1, A_2], [B_1, B_2]$ для чисел \tilde{A}, \tilde{B} .

$$A_1 = \int_0^1 (4 - 2(1-\alpha)) \alpha d\alpha = 2 - 2 \times \frac{1}{6} = 1 \frac{2}{3},$$

$$A_2 = \int_0^1 (4 + 2(1-\alpha)) \alpha d\alpha = 2 + 2 \times \frac{1}{6} = 2 \frac{1}{3},$$

$$B_1 = \int_0^1 (4 - (1-\alpha)) \alpha d\alpha = 2 - \frac{1}{6} = 1 \frac{5}{6},$$

$$B_2 = \int_0^1 (4 + (1-\alpha)) \alpha d\alpha = 2 + \frac{1}{6} = 2 \frac{1}{6},$$

$$[A_1, A_2] = \left[1 \frac{2}{3}, 2 \frac{1}{3} \right], [B_1, B_2] = \left[1 \frac{5}{6}, 2 \frac{1}{6} \right].$$

Таким образом, два разных нечетких числа имеют два разных взвешенных отрезка.

Взвешенные отрезки $[A_1^L, A_2^L]$, $[A_1^U, A_2^U]$, для $LMF \underline{\mu}_{\tilde{A}}=(a^L, a_l^L, a_r^L)$ и $UMF \overline{\mu}_{\tilde{A}}=(a^U, a_l^U, a_r^U)$ треугольного интервального нечеткого числа второго типа определим следующим образом

$$\begin{aligned} A_1^L &= a^L - (1/6)a_l^L, \\ A_2^L &= a^L - (1/6)a_r^L, \\ A_1^U &= a^U - (1/6)a_l^U, \\ A_2^U &= a^U - (1/6)a_r^U. \end{aligned}$$

В качестве примера рассмотрим треугольное интервальное нечеткое число второго типа с $LMF \underline{\mu}_{\tilde{A}} = (5, 3, 3)$ и $UMF \overline{\mu}_{\tilde{A}} = (5, 4, 4)$ и определим взвешенные отрезки $[A_1^L, A_2^L]$, $[A_1^U, A_2^U]$ для этого числа \tilde{A} .

$$\begin{aligned} A_1^L &= 5 - \frac{1}{6} \times 3 = 4\frac{1}{2}, \\ A_2^L &= 5 + \frac{1}{6} \times 3 = 5\frac{1}{2}, \\ A_1^U &= 5 - \frac{1}{6} \times 4 = 4\frac{1}{3}, \\ A_2^U &= 5 + \frac{1}{6} \times 4 = 5\frac{2}{3}. \end{aligned}$$

Согласно [3], сумма треугольных нечетких чисел \tilde{A} и \tilde{B} с взвешенными отрезками соответственно $[A_1, A_2]$ и $[B_1, B_2]$ имеет взвешенный отрезок $[A_1 + B_1, A_2 + B_2]$.

Утверждение 1. Сумма треугольных интервальных нечетких чисел второго типа \tilde{A} ($LMF \underline{\mu}_{\tilde{A}}=(a^L, a_l^L, a_r^L)$) и \tilde{B} ($UMF \overline{\mu}_{\tilde{A}}=(a^U, a_l^U, a_r^U)$) и \tilde{B} ($LMF \underline{\mu}_{\tilde{B}}=(b^L, b_l^L, b_r^L)$) и $UMF \overline{\mu}_{\tilde{B}}=(b^U, b_l^U, b_r^U)$) с взвешенными отрезками соответственно $[A_1^L, A_2^L]$, $[A_1^U, A_2^U]$ и $[B_1^L, B_2^L]$, $[B_1^U, B_2^U]$ имеет взвешенные отрезки $[A_1^L + B_1^L, A_2^L + B_2^L]$, $[A_1^U + B_1^U, A_2^U + B_2^U]$.

Доказательство утверждения 1. Обозначим взвешенные отрезки $\tilde{A} + \tilde{B}$ через $[C_1^L, C_2^L]$, $[C_1^U, C_2^U]$. Тогда

$$\begin{aligned} C_1^L &= \int_0^1 (2(a^L + b^L) - (1-\alpha)a_l^L - (1-\alpha)b_l^L) \alpha d\alpha = \\ &= \int_0^1 (2a^L\alpha + 2b^L\alpha - a_l^L\alpha + a_l^L\alpha^2 - b_l^L\alpha + b_l^L\alpha^2) d\alpha = \\ &= \left(a^L\alpha^2 + b^L\alpha^2 - a_l^L\frac{\alpha}{2} + a_l^L\frac{\alpha^3}{3} - b_l^L\frac{\alpha^2}{2} + b_l^L\frac{\alpha^3}{3} \right) \Big|_0^1 = \\ &= a^L + b^L - \frac{a_l^L}{2} + \frac{a_l^L}{3} - \frac{b_l^L}{2} + \frac{b_l^L}{3} = \end{aligned}$$

$$= a^L - \frac{1}{6}a_l^L + b^L - \frac{1}{6}b_l^L = A_1^L + B_1^L,$$

$$\begin{aligned} C_2^L &= \int_0^1 (2(a^L + b^L) + (1-\alpha)a_r^L + (1-\alpha)b_r^L) \alpha d\alpha = \\ &= \int_0^1 (2a^L\alpha + 2b^L\alpha + a_r^L\alpha - a_r^L\alpha^2 + b_r^L\alpha - b_r^L\alpha^2) d\alpha = \\ &= \left(a^L\alpha^2 + b^L\alpha^2 + a_r^L\frac{\alpha}{2} - a_r^L\frac{\alpha^3}{3} + b_r^L\frac{\alpha^2}{2} - b_r^L\frac{\alpha^3}{3} \right) \Big|_0^1 = \\ &= a^L + b^L - \frac{a_r^L}{2} + \frac{a_r^L}{3} - \frac{b_r^L}{2} + \frac{b_r^L}{3} = \\ &= a^L + \frac{1}{6}a_r^L + b^L + \frac{1}{6}b_r^L = A_2^L + B_2^L, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_1^U &= \int_0^1 (2(a^U + b^U) - (1-\alpha)a_l^U - (1-\alpha)b_l^U) \alpha d\alpha =, \\ &= \left(a^U\alpha^2 + b^U\alpha^2 - a_l^U\frac{\alpha}{2} + a_l^U\frac{\alpha^3}{3} - b_l^U\frac{\alpha^2}{2} + b_l^U\frac{\alpha^3}{3} \right) \Big|_0^1 = \\ &= a^U + b^U - \frac{a_l^U}{2} + \frac{a_l^U}{3} - \frac{b_l^U}{2} + \frac{b_l^U}{3} = \\ &= a^U - \frac{1}{6}a_l^U + b^U - \frac{1}{6}b_l^U = A_1^U + B_1^U, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_2^U &= \int_0^1 (2(a^U + b^U) + (1-\alpha)a_r^U + (1-\alpha)b_r^U) \alpha d\alpha =. \\ &= \left(a^U\alpha^2 + b^U\alpha^2 + a_r^U\frac{\alpha}{2} - a_r^U\frac{\alpha^3}{3} + b_r^U\frac{\alpha^2}{2} - b_r^U\frac{\alpha^3}{3} \right) \Big|_0^1 = \\ &= a^U + b^U - \frac{a_r^U}{2} + \frac{a_r^U}{3} - \frac{b_r^U}{2} + \frac{b_r^U}{3} = \\ &= a^U + \frac{1}{6}a_r^U + b^U + \frac{1}{6}b_r^U = A_2^U + B_2^U. \end{aligned}$$

Таким образом,

$$\begin{aligned} [C_1^L, C_2^L] &= [A_1^L + B_1^L, A_2^L + B_2^L], \\ [C_1^U, C_2^U] &= [A_1^U + B_1^U, A_2^U + B_2^U]. \end{aligned}$$

Утверждение 1 доказано.

В [3] доказано, что границы взвешенного отрезка для нечеткого числа первого типа $\tilde{D} = \tilde{A} \times \tilde{B}$ определяются линейными комбинациями параметров \tilde{A}, \tilde{B} .

Рассмотрим треугольное неотрицательное $IT2 FS \tilde{A}$ с $LMF \underline{\mu}_{\tilde{A}}=(a^L, a_l^L, a_r^L)$ и $UMF \overline{\mu}_{\tilde{A}}=(a^U, a_l^U, a_r^U)$ и треугольное число $\tilde{a} \equiv (b, b_p, b_r)$.

Утверждение 2. Границы взвешенных отрезков $[\theta_{\tilde{a}\tilde{A}}^{1L}, \theta_{\tilde{a}\tilde{A}}^{2L}]$ и $[\theta_{\tilde{a}\tilde{A}}^{1U}, \theta_{\tilde{a}\tilde{A}}^{2U}]$ для произведения треугольного нечеткого числа $\tilde{a} \equiv (b, b_p, b_r)$ и треугольного неотрицательного $IT2 FS \tilde{A}$ с

$LMF \underline{\mu}_{\tilde{A}} = (a^L, a_l^L, a_r^L)$ и $UMF \overline{\mu}_{\tilde{A}} = (a^U, a_l^U, a_r^U)$ находятся следующим образом

$$\begin{aligned} \theta_{\tilde{A}}^{1L} &= b \left(a^L + (-1)^q \frac{1}{6} a_{M_q}^L \right) - b_l \left(\frac{1}{6} a^L + (-1)^q \frac{1}{12} a_{M_q}^L \right), \\ \theta_{\tilde{A}}^{2L} &= b \left(a^L + (-1)^p \frac{1}{6} a_{M_p}^L \right) + b_r \left(\frac{1}{6} a^L + (-1)^p \frac{1}{12} a_{M_p}^L \right), \\ \theta_{\tilde{A}}^{1U} &= b \left(a^U + (-1)^q \frac{1}{6} a_{M_q}^U \right) - b_l \left(\frac{1}{6} a^U + (-1)^q \frac{1}{12} a_{M_q}^U \right), \\ \theta_{\tilde{A}}^{2U} &= b \left(a^U + (-1)^p \frac{1}{6} a_{M_p}^U \right) + b_r \left(\frac{1}{6} a^U + (-1)^p \frac{1}{12} a_{M_p}^U \right), \\ q &= \begin{cases} 1, b - b_l \geq 0 \\ 2, b + b_r < 0 \end{cases}, M_q = \begin{cases} l, q=1 \\ r, q=2 \end{cases}, \\ p &= \begin{cases} 2, b - b_l \geq 0 \\ 1, b + b_r < 0 \end{cases}, M_p = \begin{cases} l, p=1 \\ r, p=2 \end{cases}. \end{aligned}$$

Доказательство утверждения 2.

Обозначим $LMF IT2 FS \tilde{A}$ через \tilde{A}^L .

Выпишем множество α -уровня \tilde{A}^L
 $A_{\alpha}^L = [A_{\alpha}^L, A_{\alpha}^L] = [a^L - (1 - \alpha)a_l^L, a^L + (1 - \alpha)a_r^L]$
 и множество α -уровня \tilde{a}

$$a_{\alpha} = [a_{\alpha}^1, a_{\alpha}^2] = [b - (1 - \alpha)b_l, b + (1 - \alpha)b_r].$$

Если $\tilde{a} \equiv (b, b_p, b_r)$ неотрицательное нечеткое число ($b - b_l \geq 0$), то согласно операции умножения для нечетких чисел [3], множество α -уровня \tilde{a}^L имеет вид $[C_{\alpha}^{1L}, C_{\alpha}^{2L}]$, где

$$\begin{aligned} C_{\alpha}^{1L} &= ba^L - (1 - \alpha)ba_l^L - (1 - \alpha)b_l a^L + (1 - \alpha)^2 b_r a_l^L, \\ C_{\alpha}^{2L} &= ba^L + (1 - \alpha)ba_r^L + \\ &+ (1 - \alpha)b_r a^L + (1 - \alpha)^2 b_l a_r^L. \end{aligned}$$

Тогда

$$\begin{aligned} \theta_{\tilde{A}}^{1L} &= \int_0^1 (ba + C_{\alpha}^{1L}) \alpha d\alpha = \\ &= ba^L - \frac{1}{6} ba_l^L - \frac{1}{6} b_l a^L + \frac{1}{12} b_l a_l^L = \\ &= b \left(a^L - \frac{1}{6} a_l^L \right) - b_l \left(\frac{1}{6} a^L - \frac{1}{12} a_l^L \right), \\ \theta_{\tilde{A}}^{2L} &= \int_0^1 (ba + C_{\alpha}^{2L}) \alpha d\alpha = \\ &= ba^L + \frac{1}{6} ba_r^L + \frac{1}{6} b_r a^L + \frac{1}{12} b_r a_r^L = \\ &= b \left(a^L + \frac{1}{6} a_r^L \right) + b_r \left(\frac{1}{6} a^L + \frac{1}{12} a_r^L \right). \end{aligned}$$

Если $\tilde{a} \equiv (b, b_p, b_r)$ отрицательное нечеткое число ($b + b_r < 0$), то согласно операции

умножения для нечетких чисел, множество α -уровня \tilde{a}^L имеет вид $[B_{\alpha}^{1L}, B_{\alpha}^{2L}]$, где

$$\begin{aligned} B_{\alpha}^{1L} &= ba^L + (1 - \alpha)ba_l^L - \\ &- (1 - \alpha)b_l a^L - (1 - \alpha)^2 b_r a_l^L, \\ B_{\alpha}^{2L} &= ba^L - (1 - \alpha)ba_r^L + \\ &+ (1 - \alpha)b_r a^L - (1 - \alpha)^2 b_l a_r^L. \end{aligned}$$

Тогда

$$\begin{aligned} \theta_{\tilde{A}}^{1L} &= \int_0^1 (ba^L + B_{\alpha}^{1L}) \alpha d\alpha = \\ &= ba^L + \frac{1}{6} ba_l^L - \frac{1}{6} b_l a^L - \frac{1}{12} b_l a_l^L = \\ &= b \left(a^L + \frac{1}{6} a_l^L \right) - b_l \left(\frac{1}{6} a^L + \frac{1}{12} a_l^L \right), \\ \theta_{\tilde{A}}^{2L} &= \int_0^1 (ba^L + B_{\alpha}^{2L}) \alpha d\alpha = \\ &= ba^L - \frac{1}{6} ba_r^L + \frac{1}{6} b_r a^L - \frac{1}{12} b_r a_r^L = \\ &= b \left(a^L - \frac{1}{6} a_r^L \right) + b_r \left(\frac{1}{6} a^L - \frac{1}{12} a_r^L \right). \end{aligned}$$

Или

$$\begin{aligned} \theta_{\tilde{A}}^{1L} &= b \left(a^L + (-1)^q \frac{1}{6} a_{M_q}^L \right) - b_l \left(\frac{1}{6} a^L + (-1)^q \frac{1}{12} a_{M_q}^L \right), \\ \theta_{\tilde{A}}^{2L} &= b \left(a^L + (-1)^r \frac{1}{6} a_{M_p}^L \right) + b_r \left(\frac{1}{6} a^L + (-1)^r \frac{1}{12} a_{M_p}^L \right), \\ q &= \begin{cases} 1, b - b_l \geq 0 \\ 2, b + b_r < 0 \end{cases}, M_q = \begin{cases} l, q=1 \\ r, q=2 \end{cases}, \\ p &= \begin{cases} 2, b - b_l \geq 0 \\ 1, b + b_r < 0 \end{cases}, M_p = \begin{cases} l, p=1 \\ r, p=2 \end{cases}. \end{aligned}$$

Обозначим $UMF IT2 FS \tilde{A}$ через \tilde{A}^U .

Выпишем множество α -уровня \tilde{A}^U

$$\begin{aligned} A_{\alpha}^U &= [A_{\alpha}^{1U}, A_{\alpha}^{2U}] = \\ &= [a^U - (1 - \alpha)a_l^U, a^U + (1 - \alpha)a_r^U] \end{aligned}$$

и множество α -уровня \tilde{a}

$$a_{\alpha} = [a_{\alpha}^1, a_{\alpha}^2] = [b - (1 - \alpha)b_l, b + (1 - \alpha)b_r].$$

Если $\tilde{a} \equiv (b, b_p, b_r)$ неотрицательное нечеткое число ($b - b_l \geq 0$), то согласно операции умножения для нечетких чисел [3], множество α -уровня \tilde{a}^U имеет вид $[C_{\alpha}^{1U}, C_{\alpha}^{2U}]$, где

$$\begin{aligned} C_{\alpha}^{1U} &= ba^U - (1 - \alpha)ba_l^U - \\ &- (1 - \alpha)b_l a^U + (1 - \alpha)^2 b_r a_l^U, \\ C_{\alpha}^{2U} &= ba^U + (1 - \alpha)ba_r^U + \\ &+ (1 - \alpha)b_r a^U + (1 - \alpha)^2 b_l a_r^U. \end{aligned}$$

Тогда

$$\begin{aligned} \theta_{\tilde{a}\tilde{A}}^{1U} &= \int_0^1 (ba + C_\alpha^{1U}) \alpha d\alpha = \\ &= ba^U - \frac{1}{6}ba_l^U - \frac{1}{6}b_l a^U + \frac{1}{12}b_l a_l^U = \\ &= b\left(a^U - \frac{1}{6}a_l^U\right) - b_l\left(\frac{1}{6}a^U - \frac{1}{12}a_l^U\right), \\ \theta_{\tilde{a}\tilde{A}}^{2U} &= \int_0^1 (ba + C_\alpha^{2U}) \alpha d\alpha = \\ &= ba^U + \frac{1}{6}ba_r^U + \frac{1}{6}b_r a^U + \frac{1}{12}b_r a_r^U = \\ &= b\left(a^U + \frac{1}{6}a_r^U\right) + b_r\left(\frac{1}{6}a^U + \frac{1}{12}a_r^U\right). \end{aligned}$$

Если $\tilde{a} \equiv (b, b_p, b_r)$ отрицательное нечеткое число ($b + b_r < 0$), то согласно операции умножения для нечетких чисел, множество α -уровня \tilde{a}^U имеет вид $[B_\alpha^{1U}, B_\alpha^{2U}]$, где $B_\alpha^{1U} = ba^U + (1 - \alpha)ba_l^U - (1 - \alpha)b_l a^U - (1 - \alpha)^2 b_l a_l^U$, $B_\alpha^{2U} = ba^U - (1 - \alpha)ba_l^U + (1 - \alpha)b_r a^U - (1 - \alpha)^2 b_r a_r^U$.

Тогда

$$\begin{aligned} \theta_{\tilde{a}\tilde{A}}^{1U} &= \int_0^1 (ba^U + B_\alpha^{1U}) \alpha d\alpha = \\ &= ba^U + \frac{1}{6}ba_l^U - \frac{1}{6}b_l a^U - \frac{1}{12}b_l a_l^U = \\ &= b\left(a^U + \frac{1}{6}a_l^U\right) - b_l\left(\frac{1}{6}a^U + \frac{1}{12}a_l^U\right), \\ \theta_{\tilde{a}\tilde{A}}^{2U} &= \int_0^1 (ba^U + B_\alpha^{2U}) \alpha d\alpha = \\ &= ba^U - \frac{1}{6}ba_l^U + \frac{1}{6}b_r a^U - \frac{1}{12}b_r a_r^U = \\ &= b\left(a^U - \frac{1}{6}a_l^U\right) + b_r\left(\frac{1}{6}a^U - \frac{1}{12}a_r^U\right). \end{aligned}$$

Или

$$\begin{aligned} \theta_{\tilde{a}\tilde{A}}^{1U} &= b\left(a^U + (-1)^q \frac{1}{6}a_{M_q}^U\right) - b_l\left(\frac{1}{6}a^U + (-1)^q \frac{1}{12}a_{M_q}^U\right), \\ \theta_{\tilde{a}\tilde{A}}^{2U} &= b\left(a^U + (-1)^r \frac{1}{6}a_{M_p}^U\right) + b_r\left(\frac{1}{6}a^U + (-1)^r \frac{1}{12}a_{M_p}^U\right), \\ q &= \begin{cases} 1, b - b_l \geq 0 \\ 2, b + b_r < 0 \end{cases}, M_q = \begin{cases} l, q = 1 \\ r, q = 2 \end{cases}, \\ p &= \begin{cases} 2, b - b_l \geq 0 \\ 1, b + b_r < 0 \end{cases}, M_p = \begin{cases} l, p = 1 \\ r, p = 2 \end{cases}. \end{aligned}$$

Утверждение 2 доказано.

Возьмем треугольное неотрицательное $IT2 FS \tilde{A}$ с $LMF \mu_{\tilde{A}} = (5, 3, 3)$ и $UMF \mu_{\tilde{A}} = (5, 4, 4)$ и треугольное число $\tilde{a} \equiv (2, 1, 1)$ определим взвешенные отрезки для произведения \tilde{a} на \tilde{A} .

$$\begin{aligned} \theta_{\tilde{a}\tilde{A}}^{1L} &= b\left(a^L - \frac{1}{6}a_l^L\right) - b_l\left(\frac{1}{6}a^L - \frac{1}{12}a_l^L\right) = \\ &= 2\left(5 - \frac{1}{6} \times 3\right) - \left(\frac{1}{6} \times 5 - \frac{1}{12} \times 3\right) = 8\frac{5}{12}, \\ \theta_{\tilde{a}\tilde{A}}^{2L} &= b\left(a^L + (-1)^p \frac{1}{6}a_r^L\right) + b_r\left(\frac{1}{6}a^L + (-1)^p \frac{1}{12}a_r^L\right) = \\ &= 2\left(5 + \frac{1}{6} \times 3\right) + \left(\frac{1}{6} \times 5 + \frac{1}{12} \times 3\right) = 12\frac{1}{12}, \\ \theta_{\tilde{a}\tilde{A}}^{1U} &= b\left(a^U - \frac{1}{6}a_l^U\right) - b_l\left(\frac{1}{6}a^U - \frac{1}{12}a_l^U\right) = \\ &= 2\left(5 - \frac{1}{6} \times 4\right) - \left(\frac{1}{6} \times 5 - \frac{1}{12} \times 4\right) = 8\frac{1}{6}, \\ \theta_{\tilde{a}\tilde{A}}^{2U} &= b\left(a^U + (-1)^p \frac{1}{6}a_r^U\right) + b_r\left(\frac{1}{6}a^U + (-1)^p \frac{1}{12}a_r^U\right) = \\ &= 2\left(5 + \frac{1}{6} \times 4\right) + \left(\frac{1}{6} \times 5 + \frac{1}{12} \times 4\right) = 12\frac{1}{2}. \end{aligned}$$

В данной работе предлагается метод определения взвешенных отрезков для специального класса интервальных нечетких чисел второго типа, нижней и верхней функциями принадлежности которых являются треугольные числа. Применение нечетких чисел второго типа обычно увеличивает вычислительную сложность по сравнению с нечеткими числами первого типа из-за наличия дополнительной размерности, поэтому в настоящей работе осуществляется попытка облегчить операции с нечеткими числами второго типа, чтобы обеспечить их успешное применение в моделях нечеткого анализа данных.

Библиографический список

1. F. Liu and J. M. Mendel, «Encoding words into interval Type-2 fuzzy sets using an interval approach», IEEE Trans. Fuzzy Systems, vol. 16, № 6, 2008.
2. Y.-H.O. Chang, «Hybrid fuzzy least-squares regression analysis and its reliability measures», Fuzzy Sets and Systems, 2001, vol. 119, pp. 225–246.
3. O.M. Poleshuk, E.G. Komarov, «New defuzzification method based on weighted intervals», Proceedings of the 27th International Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society, NAFIPS'2008, New York, New York, May 19–22, 2008.

О СКОРОСТИ СХОДИМОСТИ К ЗАКОНУ ПУАССОНА ЧИСЛА ДОСТИЖЕНИЙ ЗАДАННОГО УРОВНЯ ПРОЦЕССОМ СКОЛЬЗЯЩЕГО СУММИРОВАНИЯ

А.Б. ЛОСЬ, доц. каф. компьютерной безопасности Московского государственного института электроники и математики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», канд. техн. наук

alexloss@miem.ru, alos@hse.ru

Пусть X_1, X_2, \dots, X_N – (1) последовательность независимых, одинаково распределенных случайных величин,

$\xi_t(n) = X_1 + X_2 + \dots + X_{t+n-1}$, $t = 1, 2, \dots$, (1) процесс скользящего суммирования, порожденный последовательностью.

Для удобства дальнейшего изложения в случае, когда последовательность (1) есть последовательность независимых индикаторов, процесс $\xi_t(n)$ будем обозначать $\xi_t^*(n)$.

Последовательность случайных величин $\xi_t(n)$ в научной литературе обычно называют процессом скользящего суммирования или последовательностью частичных сумм Эрдеша–Реньи. Исследованию асимптотических свойств процесса $\xi_t(n)$ посвящено довольно много работ [1–2]. В работах [3, 4] найдена асимптотика умеренных уклонений статистики $\max_{1 \leq t \leq N-n+1} \xi_t(n)$, в [5] найдено предельное значение функции распределения указанной статистики в условиях: $EX_i = 0$, $DX_i = 1$, $N, n \rightarrow \infty$ и $N/n \rightarrow m + \theta$, где m – целое, $0 \leq \theta < 1$.

В настоящей работе получены оценки расстояния по вариации между распределением числа достижений заданного уровня процессом $\xi_t(n)$ за время $N-n+1$ и соответствующим законом Пуассона.

Необходимость исследования характеристик процесса $\xi_t(n)$ возникает при решении ряда задач защиты информации. К таким задачам относится, в частности, задача исследования промежуточных заполнений регистра сдвига фильтрующего генератора ([6]), а также задачи исследования алгоритмов защиты информации.

Вначале рассмотрим случай, когда последовательность (1) есть последовательность независимых индикаторов, а именно: ситуацию, когда случайные величины X_i при-

нимают значения 1 и 0 с вероятностями p и q соответственно, $p+q=1$.

Введем индикаторы $v_t(n, m)$ достижения процессом $\xi_t^*(n)$ заданного уровня m , полагая

$$v_1(n, m) = \begin{cases} 1, & \text{если } \xi_1^*(n) \geq m \\ 0, & \text{если } \xi_1^*(n) < m \end{cases}$$

$$v_t(n, m) = \begin{cases} 1, & \text{если } \xi_{t-1}^*(n) < m, \xi_t^*(n) = m; \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases};$$

$t = 2, 3, \dots$

Положим также

$$\eta_N(n, m) = \sum_{t=1}^{N-n+1} v_t(n, m)$$

– число достижений заданного уравнения m процессом $\xi_t^*(n)$ за время $N-n+1$.

Далее, где это не вызовет путаницы, будем опускать индексы n и m в обозначении индикаторов $v_t(n, m)$.

Введем необходимые для дальнейшего изложения обозначения

$$C(n, k) = \binom{n}{k} p^k q^{n-k},$$

$$D(n, m) = \sum_{k=m}^n C(n, k),$$

$$\alpha = [(2n+1) \cdot e \cdot D(n, m)]^{-1},$$

$$\lambda = E\eta_N(n, m) = D(n, m) + (N-n)C(n-1, m-1) \cdot p \cdot q,$$

$$x = p^2 \cdot q^2 \sum_{s=0}^{m-2} \sum_{k=m-s+1}^{n-s} C(n-k, s) \times$$

$$\times C(k-2, m-s-1) \cdot C(k-2, m-s-2),$$

$$z_1 = \alpha \cdot \lambda \cdot n / (N-n) + 2(N-n)x,$$

$$z_2 = z_1 + e \min[\lambda^2(n-m)(m-1)/(N-m), \lambda(np)^2],$$

$$\omega = 2 \cdot \lambda^2 \cdot (n+1) / (N-1) + D(n, m),$$

$$I_N = \{1, 2, \dots, N\}.$$

Замечание. Везде далее предполагается, что

$$\binom{n}{k} = 0 \text{ при } k > n \text{ или } n < 0 \text{ и}$$

$$\binom{k}{0} = 1 \text{ при } k \geq 0.$$

Для значений величины $k = 1, 2, \dots$ положим

$$b_1, b_2, \dots, b_k = p\{v_1 = v_2 = \dots = v_k = 1\}.$$

Теорема 1. Если $\alpha > 4.5$, то

$$a) p\{\eta_N(n, m) = 0\} \geq \frac{e^{-\lambda}(1 - z_1/2) - w \cdot e^{\lambda+1-\alpha}}{1 + w(1 + (\lambda + 2)/\alpha)},$$

б) если, кроме того $\omega/2 + z_2(1 + (\lambda + 2)/\alpha) < 1$, то

$$p\{\eta_N^*(n, m) = 0\} \leq \frac{e^{-\lambda} + z_2 e^{\lambda+1-\alpha}}{1 - w/2 - z_2(1 + (\lambda + 2)/\alpha)}$$

и

$$\sum_{k=0}^{\infty} \left| p\{\eta_N(n, m) = k\} - \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!} \right| \leq R,$$

где

$$R = 2 \max\{w, z_2\} \times \frac{(1 + z_2 \cdot e^{2\lambda+1-\alpha})(2 + (\lambda + 2)/\alpha + e^{2\lambda+1-\alpha})}{1 - w/2 - z_2(1 + (\lambda + 2)/\alpha)}. \quad (2)$$

Доказательство. Пусть $\{\xi_t, t = 1, 2, \dots, L\}$ – некоторая последовательность случайных величин, принимающих значения 1 и 0. Пусть также

$$\chi_L = \xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_L, \quad I_L = \{1, 2, \dots, L\}, \\ \rho = E \chi_L, \quad a = \max p\{\xi_i = 1\}.$$

Для некоторой фиксированной величины $d > 0$ положим

$$T = \sum_{\substack{i, j \in I_L \\ |i-j| \leq d}} p\{\xi_i = 1\} \cdot p\{\xi_j = 1\},$$

$$S_1 = \sum_{\substack{i, j \in I_L \\ 0 < |i-j| < d}} p\{\xi_i = \xi_j = 1\},$$

$$S_2 = \sum p\{\xi_i = \xi_{j_1} = \xi_{j_2} = 1\}.$$

где в последнем выражении суммирование ведется по всем наборам (i, j_1, j_2) удовлетворяющим условиям $0 < |i-j_1| \leq d, 0 < |i-j_2| \leq d, 0 < |j_1-j_2| > d$.

В статье [7] показано, что если для последовательности $\{\xi_t\}, t = 1, 2, \dots, L$ существует такое $d \leq \Delta$, что для любых целых $t, k \leq \Delta, 1 \leq i_1 < \dots < i_t \leq \Delta, 1 \leq j_1 < \dots < j_k \leq \Delta$ и $\min|i_t - j_k| > d$ события $\{\xi_{i_l} = 1, l = 1, t\}$ и $\{\xi_{j_r} = 1, r = 1, \dots, k\}$ независимы (условие d - зависимости случайных величин ξ_t), то при условии $\beta \geq \rho + 4.5$ справедливы неравенства

$$\frac{e^{-\rho}(1 - S_1/2) \cdot T \cdot e^{\gamma+1-\rho}}{1 + T(1 + (\rho + 2)/\beta)} \leq p\{\chi = 0\} \leq \frac{e^{-\rho} + S^* \cdot e^{\rho+1-\beta}}{(1 - T/2 - S^*(1 + (\rho + 2)/\beta))_+}, \quad (3)$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} \left| p\{\chi_L = k\} - \frac{\rho^k e^{-\rho}}{k!} \right| \leq \frac{\max(T, S^*)(1 + S^* e^{2\rho+1-\beta})(2 + (\rho + 2)/\beta + e^{2\rho+1-\beta})}{1 - T/2 - S^*(1 + (\rho + 2)/\beta)_+}, \quad (4)$$

где $S^* = S_1 + e \cdot S_2, \beta = ((2d+1)\hat{a} \cdot e)^{-1}, (x)_+ = \max(0, x)$.

Нетрудно видеть, что последовательность случайных величин $\{v_i\}_{i=1, \dots, N-n+1}$ удовлетворяет сформулированному выше условию d - зависимости со значениями параметров $d = n, L = N - n + 1$, и $\rho = \lambda$.

Для доказательства теоремы 1 оценим входящие в соотношения (3) и (4) параметры T, S^* и β .

Нетрудно видеть, что в рамках введенных обозначений

$$b_1 = D(n, m), \\ b_i = C(n-1, m-1) \cdot p \cdot q, \quad i \in I_{N-n+1}.$$

Поэтому,

$$T = \sum_{i, j \in I_{N-n+1}} b_i b_j = b_1^2 + 2 \sum_{k=2}^{n+1} b_1 b_k + \\ + 2 \sum_{t=2}^{N-n+1} \sum_{k=t}^{\min(N-n+1, t+n)} b_t b_k \leq b_1^2 + 2n \cdot b_1 b_2 + \\ + 2(N-n)(n+1)b_2^2 \leq D^2(n, m) + \frac{\lambda^2(n+1)}{N-n}. \quad (5)$$

Для величины S_1 справедливы равенства

$$S_1 = \sum_{\substack{i, j \in I_{N-n+1} \\ 0 < |i-j| \leq n}} b_{i,j} = 2 \sum_{k=0}^{n+1} b_{1,k} + 2 \sum_{t=2}^{N-n} \sum_{k=t}^{\min(N-n, t+n-1)} b_{t,k+1}.$$

Нетрудно видеть, что при любом $k \in I_{n+1}: b_{1,k} \leq b_k = b_2$.

Далее заметим, что при любом $t \in I_{N-2n+1} \setminus \{1\}$.

$$\sum_{k=t}^{t+n-1} b_{t,k+1} = \sum_{k=2}^{n+1} b_{2,k+1} = \sum_{k=2}^{n+1} \sum_{S=0}^{m-2} C(n-k, S) \times \\ \times C(k-2, m-s-1)C(k-2, m-s-2) = x,$$

а при $t \in I_{N-n} \setminus I_{N-2n+1}$

$$\sum_{k=t}^{N-n} b_{t,k+1} < x.$$

Поэтому,

$$S_1 \leq 2 \cdot n \cdot b_2 + 2(N-n) \cdot x \leq 2\lambda \cdot n / (N-n) + 2(N-n) \cdot x. \quad (6)$$

Оценим величину S_2 . Пусть $i, j_1, j_2 \in I_{N-n+1} \setminus \{1\}$, $0 < |i-j_1| \leq n$, $0 < |i-j_2| \leq n$, $0 < |j_1-j_2| > n$.

Очевидно, что при $j_1 < i < j_2$

$$p\{v_{j_1} = v_i = v_{j_2} = 1\} \leq$$

$$\leq p\{v_{j_1} = v_{j_2} = 1\} \cap \{X_{i-1} = 0, X_{i+n-1} = 1\},$$

и, следовательно,

$$\begin{aligned} b_{j_1, i, j_2} &\leq p\{v_{j_1} = v_i = v_{j_2} = 1, X_{i-1} = 0, X_{i+n-1} = 1\} = \\ &= C(n-2, m-1) \cdot p \cdot q^2 \cdot C(n-2, m-2) \cdot p^2 \cdot q = \\ &= \frac{(n-m)}{n-1} \cdot \frac{m-1}{n-1} [C(n-1, m-1) \cdot p \cdot q]^2 = \\ &= \frac{(n-m)(m-1)}{(n-1)^2} b_2^2. \end{aligned}$$

С другой стороны, имеют место соотношения

$$b_{j_1, i, j_2} \leq p\{v_{j_1} = 1, X_{i+n-1} = X_{j_2+n-1} = 1\} = b_2 \cdot p^2.$$

Аналогично, нетрудно показать, что для $i, j \in I_{N-n+1}$ таких, что $1 < i \leq n+1$, $i < j < i+n$, $j > n+1$,

$$\begin{aligned} b_{1, i, j} &\leq D(n-1, m) \cdot q \cdot C(n-2, m-2) p^2 - q \leq \\ &\leq \frac{(n-m)(m-1)}{n(n-1)} D(n, m) C(n-1, m-1) p - q = \\ &= \frac{(n-m)(m-1)}{n(n-1)} b_1 b_2, \end{aligned}$$

а также, что $b_{1, i, j} \leq b_1 \cdot p^2$.

Для величины S_2 получаем

$$S_2 = \sum_{\substack{j_1, i, j_2 \in I_{N-n+1} \\ 0 < |i-j_1| \leq n \\ 0 < |i-j_2| \leq n \\ |j_1-j_2| > n}} b_{j_1, i, j_2} = 2 \sum_{\substack{1 < i < j \leq N-n+1 \\ i-1 \leq n \\ j-i \leq n \\ j-1 > n}} b_{1, i, j} + 2 \sum_{\substack{1 < j_1 < i < j_2 \leq N-n+1 \\ i-j_1 \leq n \\ j_2-i \leq n \\ j_2-j_1 > n}} b_{j_1, i, j_2}.$$

Заметим, что из соотношения

$$\begin{aligned} b_{i, i+r} &= \sum_{s=0}^{m-2} C(n-r-1, s) C(r-1, m-s-1) \times \\ &\times C(r-1, m-s-r) p^r q^r, \end{aligned}$$

где $i \geq 2$, $r \geq 1$,

следует, что $b_{i, i+1} = 0$, $b_{i, i+n} = 0$, поэтому, с учетом сделанных замечаний, получаем

$$\begin{aligned} S_2 &\leq \frac{2n(n-1)}{2} b_1 b_2 \frac{(n-m)(m-1)}{n(n-1)} + \\ &+ \frac{2(n-1)(n-2)}{2} (N-n) b_2^2 \frac{(n-m)(m-1)}{(n-1)^2} \leq \\ &\leq (n-m) \cdot (m-1) \cdot \lambda \cdot b_2 \leq \lambda^2 \cdot (n-m)(m-1) / (N-n) \quad (7) \end{aligned}$$

и

$$\begin{aligned} S_2 &\leq n \cdot (n-1) \cdot b_1 \cdot p^2 + \\ &+ (n-1) \cdot (n-2) \cdot (N-n) \cdot b_2 \cdot p^2 \leq \lambda \cdot (np)^2. \quad (8) \end{aligned}$$

Отметим также, что $\max b_i = b_1$, $i = 1, 2, \dots, N-n+1$.

Учитывая последнее замечание и подставляя (5–8) в (3) и (4) приходим к доказательству теоремы 1.

Пусть теперь случайные величины X_i принимают значения из множества $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$, $c_i > 0$, и $p\{X_i = c_r\} = p(c_r)$, $r = 1, \dots, m$.

Зафиксируем некоторое число $M > 0$ и построим последовательность индикаторов $\{\mu_t(n, M)\}_{t=1, 2, \dots}$

$$\mu_1(n, M) = \begin{cases} 1, & \text{если } \xi_1(n) \geq M \\ 0, & \text{если } \xi_1(n) < M \end{cases}$$

$$\mu_t(n, M) = \begin{cases} 1, & \text{если } \xi_{t-1}(n) < M, \xi_t(n) \geq M \\ 0, & \text{в противном случае, } t = 2, 3, \dots \end{cases}$$

Далее в работе исследуется распределение случайных величин

$$\zeta_N(n, M) = \sum_{t=1}^{N-n+1} \mu_t(n, M) -$$

числа перескоков процессом $\xi_t(n)$ заданного уровня M и $\tau(n, M) = \min\{N | \zeta_N(n, M) > 0\}$ – времени первого перескока процессом $\xi_t(n)$ заданного уровня M .

Введем необходимые обозначения.

Положим

$$G = \{(g_1, g_2, \dots, g_n) \mid g_i \in C, i = \overline{1, n}\},$$

$$G(q) = \left\{ (g_1, g_2, \dots, g_n) \in G \mid \sum_{i=1}^n g_i = q \right\},$$

$$D(M) = \sum_{q \geq M} \sum_{(g_1, \dots, g_n) \in G(q)} p(g_1) \dots p(g_n),$$

$$a^* = [(2n+1) \cdot e \cdot D(n)]^{-1}.$$

Для значений величины $k = 1, 2, \dots$ по-

ложим

$$H_k = \{(h_1, \dots, h_{n+k}) \mid h_i \in C, i = \overline{1, n+k}\},$$

$$S_1 < M, S_2 \geq M, S_k < M, S_{k+1} \geq M\},$$

$$W_k(M) = \sum_{(h_1, \dots, h_{n+k}) \in H_k} p(h_1) \dots p(h_{n+k}),$$

где $S_2 = h_r + h_{r+1} + \dots + h_{r+n-1}$.

Пусть также

$$\lambda^* = E \zeta_N(n, M) = D(M) + (N-n) W_1(M),$$

$$Z_1^* = 2\lambda^* \frac{n}{N-n} + 2(N-n) \sum_{k=3}^n W_k(M),$$

$$Z_2^* = Z_1^* + e \cdot \min \left\{ \frac{\lambda^* \cdot n^2}{N-n}, \lambda^* \cdot n^2 (1 - p(\alpha))^2 \right\},$$

$$d = \min c_r, \omega^* = 2 \lambda^*(n+1)/(N-n) + D(M)^2.$$

Теорема 2. Если $a^* > 4.5 + \lambda^*$, то

$$\text{а) } p\{\zeta_N(n, m) = 0\} \geq \frac{e^{-\lambda^*} (1 - Z_1^*/2) - \omega^* e^{\lambda^* + 1 - a^*}}{1 + \omega^* \cdot (1 + (\lambda^* + 2)/a^*)},$$

$$\text{б) если, кроме того } \omega^*/2 + Z_2^* (1 + (\lambda^* + 2)/a^*) < 1, \text{ то}$$

$$p\{\zeta_N(n, M) = 0\} \leq \frac{e^{-\lambda^*} + Z_2^* \cdot e^{\lambda^* + 1 - a^*}}{1 - \omega^*/2 - Z_2^* (1 + (\lambda^* + 2)/a^*)} \quad (9)$$

$$\text{и } \sum_{k=0}^{\omega} \left| p\{\zeta_N(n, M) = k\} - \frac{\lambda^* \cdot e^{-\lambda^*}}{k!} \right| \leq R(M), \quad (10)$$

где

$$R(M) = \frac{2 \max\{\omega^*, Z_2^*\} (1 + Z_2^* e^{2\lambda^* + 1 - a^*}) \times (2 + (\lambda^* + 2)/a^* + e^{2\lambda^* + 1 - a^*})}{1 - \frac{\omega^*}{2} - Z_2^* (1 + (\lambda^* + 2)/a^*)}. \quad (11)$$

Доказательство теоремы 2 аналогично доказательству теоремы 1.

Замечание. Результат теоремы 2 позволяет получить оценки для функции распределения случайной величины $\varphi_N(n) = \max_{1 \leq t \leq N-n+1} \xi_t(n)$, поскольку $p\{\varphi_N(n) < x\} = p\{\zeta_N(n, x) = 0\}$.

В качестве следствия из теоремы 2 далее получим достаточные условия сходимости случайных величин $\zeta_N(n, M)$ и $\tau(n, M)$ к предельным законам.

Теорема 3. Пусть при $N, n \rightarrow \infty$ величины $p(c_1), \dots, p(c_m)$, и $M > n \cdot d$ изменяются так, что

$$\lambda^* \rightarrow \lambda_0 > 0, \lambda_0 = const, \quad (12)$$

$$\text{и } n^2 (1 - p(d)) = O(1). \quad (13)$$

Тогда,

$$EZ \zeta_N(n, M) \rightarrow e^{\lambda_0(Z-1)}.$$

Доказательство. Для доказательства теоремы 3 достаточно показать, что при выполнении условий (11) и (12) величина $R(M)$, определенная в теореме 2, стремится к нулю при $N, n \rightarrow \infty$.

Для выполнения условия $R(M) \rightarrow 0$, в свою очередь, достаточно показать, что

$$\max(\omega^*, Z_2^*) \rightarrow 0 \text{ и } (a^*)^{-1} = O(1).$$

Нетрудно видеть, что

$$D(M) \leq 1 - \sum_{(g_1, \dots, g_n) \in G(d \cdot n)} p(g_1) \dots p(g_n) = 1 - [p(d)]^n.$$

Тогда, с учетом (13), получаем

$$n D(M) \leq n (1 - [p(d)]^n) = n (1 - [1 - (1 - [p(d)]^n)]) = n ([1 - p(d)]n + O([1 - p(d)]^2 n^2)) = n^2 (1 - p(d))(1 + O(1/n)) = O(1). \quad (14)$$

Из последнего соотношения следует, что $D(M) = O(1/n) \rightarrow 0$ при

$$N, n \rightarrow \infty \text{ и } (a^*)^{-1} = (2n + 1) e D(M) = O(1).$$

Из определения величины $W_1(M)$ следует, что

$$W_1(M) = p\{\mu_2(n, M) = 1\} = p\{\xi_1(n) < M, \xi_2(n) \geq M\}.$$

Необходимым условием события $\{\xi_1(n) < M, \xi_2(n) \geq M\}$ является выполнение неравенства $X_{n+1} > d$, поэтому

$$n W_1(M) \leq (1 - p(d)) n = O(1/n) \rightarrow 0 \text{ при } N, n \rightarrow \infty.$$

Поскольку

$$\lambda^* = D(M) + (N-n) W_1(M) = (N-n) W_1(M) (1 + o(1)) \text{ и } n W_1(M) \rightarrow 0 \text{ при } N, n \rightarrow \infty, \text{ то}$$

$$n/(N-n) \rightarrow 0 \text{ при } N, n \rightarrow \infty. \quad (15)$$

Из (13) и (14) следует, что $\omega \rightarrow 0$ при $N, n \rightarrow \infty$.

Из определения величины $W_k(M)$ следует, что

$$W_k(M) = p\{\mu_2(n, M) = \mu_{k+1}(n, M) = 1\}.$$

Необходимым условием наступления события

$$\{\mu_2(n, M) = \mu_{k+1}(n, M) = 1\} \text{ является выполнение соотношений}$$

$$\mu_2(n, M) = 1, X_{k+n} > d,$$

поэтому

$$p\{\mu_2(n, M) = \mu_{k+1}(n, M) = 1\} \leq p\{\mu_2(n, M) = 1\} p\{X_{k+n} > d\} = p\{\mu_2(n, M) = 1\} (1 - p(d)) = W_1(M) ((1 - p(d))).$$

Тогда

$$(N-n) \cdot \sum_{k=3}^n W_k(M) \leq (N-n) \cdot n \cdot W_1(M, n) \times (1 - p(d)) \leq \lambda^* \cdot n \cdot (1 - p(d)) \rightarrow 0 \text{ при } N, n \rightarrow \infty. \quad (16)$$

Из соотношений (14) – (16), а также из определения величины Z_2^* следует, что $Z_2^* \rightarrow 0$ при $N, n \rightarrow \infty$. Теорема 3 доказана.

Теорема 4. Пусть при $n \rightarrow \infty$ величины $p(c_1), \dots, p(c_m)$ и $M > d \cdot n$ изменяются так, что выполняется условие (13). Тогда

$$p\{\tau(n, M) W_1(M) \leq x\} \rightarrow 1 - \exp\{-x\}.$$

Доказательство. Очевидно, что при любом фиксированном $x \in (0, \infty)$,

$$p\{\tau(n, M) \cdot W_1(M) > x\} = p\{\zeta_{N(x)}(n, M) = 0\},$$

где $N(x) = [x / W_1(M)]$;

$[a]$ – целая часть числа a .

В связи с этим, для доказательства теоремы 4 достаточно показать, при любом фиксированном $x \in (0, \infty)$, величины $n, M, p(c_1), \dots, p(c_m)$ удовлетворяют условию теоремы 3 со значением параметра $\lambda_0 = x$.

Из условия (13) следует, что $W_1(M) \rightarrow 0$ при $N, n \rightarrow \infty$, поэтому

$$N(x) = [x / W_1(M)] \rightarrow \infty.$$

Кроме того, при $M > nd$ и выполнении условия (13)

$$D(M) \rightarrow 0 \text{ и } W_1(M) \rightarrow 0 \text{ при } N, n \rightarrow \infty,$$

поэтому

$$D(M) + (N(x) - n) W_1(M) \rightarrow x \text{ при } N, n \rightarrow \infty.$$

Теорема 4 доказана.

Библиографический список

1. Новак, С.Ю. О распределении максимума частичных сумм Эрдеша-Реньи / С.Ю. Новак // Теория вероятностей и ее применения. – 1997. – Т. 42. – Вып. 2. – С. 274–293.
2. Питербарг, В.И. О больших скачках случайного блуждания / В.И. Питербарг // Теория вероятностей и ее применения. – 1991. – Т. 36. – Вып. 1. – С. 54–64.
3. Довгалюк, В.В. Большие уклонения траекторий пуассоновского процесса. – Вероятностные процессы и их приложения / В.В. Довгалюк, В.И. Питербарг. – М.: МИЭМ, 1989. – С. 112–117.
4. Козлов, М.В. О частичных суммах Эрдеша-Реньи: Большие уклонения, условное поведение / М.В. Козлов // Теория вероятностей и ее применения. – 2001. – Т. 46. – Вып. 4. – С. 678–696.
5. Лось, А.Б. О предельном распределении максимума процесса скользящего суммирования (частичных сумм Эрдеша – Реньи) / А.Б. Лось // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2011. – № 3(79). – С. 185–188.
6. Алферов, А.П. Основы криптографии, учебное пособие / А.П. Алферов, А.Ю. Зубов, А.С. Кузьмин и др. – М.: Гелиос, 2005.
7. Зубков, А.М. Оценки для сумм конечно-зависимых индикаторов и для момента первого наступления редкого события / А.М. Зубков // Труды МИАН СССР. – 1986. – Т. 177. – С. 33–46.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПЕРЕДАЧИ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ОБРАТНОМ РАДИОКАНАЛЕ КОМАНДНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ПРЯМОЙ МАНИПУЛЯЦИИ НЕСУЩЕЙ ЧАСТОТЫ

Д.И. ГИНКУЛ, магистрант каф. информационно-измерительных систем и технологий приборостроения МГУЛ

nidigl@mail.ru

Одной из общих черт развития техники в последние десятилетия, несомненно, является повышение информационных возможностей систем, комплексов и устройств. Эта общая тенденция ярко проявляется при формировании требований к разработке новых и модернизации существующих космических систем и комплексов. Увеличивается разрешающая способность целевой аппаратуры, усложняется технология ее применения, повышаются объемы хранимой и передаваемой информации. В то же время информационные требования к аппаратуре служебных систем космических комплексов также растут.

Большинство существующих в настоящее время космических комплексов и систем имеют в своем составе отдельно командно-измерительную (КИС) и телеметрическую системы (ТМС).

Для снижения массогабаритных характеристик целесообразно рассмотреть возможность использования радиоканала КИС для передачи телеметрической информации.

С технической точки зрения совмещение в радиоканале «борт–земля» (обратный канал) информационных потоков КИС и ТМИ может быть реализовано различными способами. Настоящая научная статья посвящена рассмотрению возможности реализации совмещенной передачи по радиолинии КИС «Компарус» информации ТМС способом модуляции остатка несущей.

В настоящий момент передача информации в обратном канале (ОК) бортовой аппаратуры (БА) КИС «Компарус» реализована с применением ПСП-сигнала, с фазовой манипуляцией несущей частоты, причем широкополосный сигнал сопровождается немоду-

лированной несущей, излучаемой бортовой аппаратурой.

Тип модуляции в обратном канале БА КИС «Компарус» таков, что полезная мощность, излучаемая передатчиком БА КИС, делится на две равные части. Половина излучаемой мощности используется для передачи полезной информации КИС по каналу «борт–земля». Вторая половина мощности излучается передатчиком в виде остатка несущей частоты и используется в технологических целях (для упрощения поиска несущей частоты с наземными станциями при вхождении в связь) при штатной эксплуатации БА КИС совместно с наземными станциями (НС) «Компарус-У1» и «Компарус-У2» прошлых лет разработки [1]. В НС нового поколения, для вхождения в связь остаток несущей не требуется, мощность узкополосной составляющей спектра ОК может быть использована для передачи телеметрической информации радиоканала. При этом оптимальной реализацией такого метода служит архитектура совмещенного радиоканала, в которой взаимное влияние ОК КИС и канала ТЛМ отсутствует, а, следовательно, обратный канал КИС сохраняет необходимые показатели по энергетике и P_{out} , а информация ТЛМ будет передаваться с требуемой высокой скоростью.

Пояснить метод помогут некоторые технические подробности. Физический принцип передачи информации в ОК КИС «Компарус» – это двухпозиционная фазовая модуляция (ФМ). Штатная структура существующего сейчас сигнала отражена на фазовой плоскости (I, Q), изображенной на рис. 1.

На данном фазовом созвездии видно, что двухпозиционная ФМ, примененная в ОК КИС, представляет собой частный случай квадратурной ФМ (КФМ). По квадратурному каналу « Q » передается информация КИС. Значение модулирующей квадратуры « I » постоянно равно 1; именно это приводит к формированию остатка несущей частоты в спектре радиосигнала ОК. Другими словами – в ОК существующей КИС «Компарус» используется ФМ с фазовым сдвигом на 90° . Кроме вышеизложенного, при описании структуры существующего сигнала ОК необходимо упомянуть, что в КИС применяется расширение спектра сигнала методом прямой манипуляции несущей частоты псевдослучайной последовательностью символов (ПСП). То есть каждый бит в ОК КИС передается последовательностью нулей и единиц, с определенной длиной символов и тактовой частотой ПСП [2].

Если реализовать модулирование квадратуры « I » потоком ТЛМ информации,

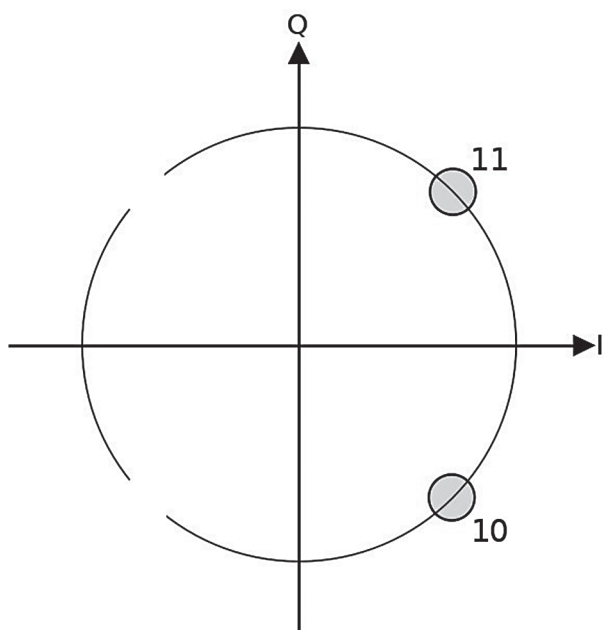


Рис. 1. Штатная структура фазового созвездия из 2-х точек

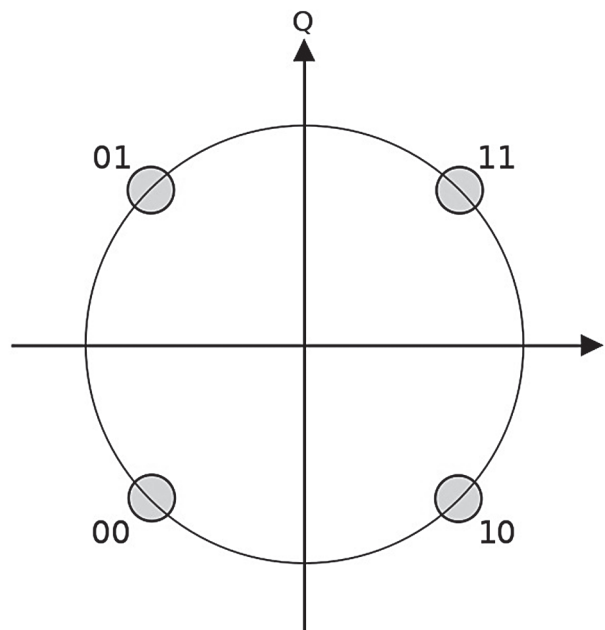


Рис. 2. Структура фазового созвездия из 4-х точек

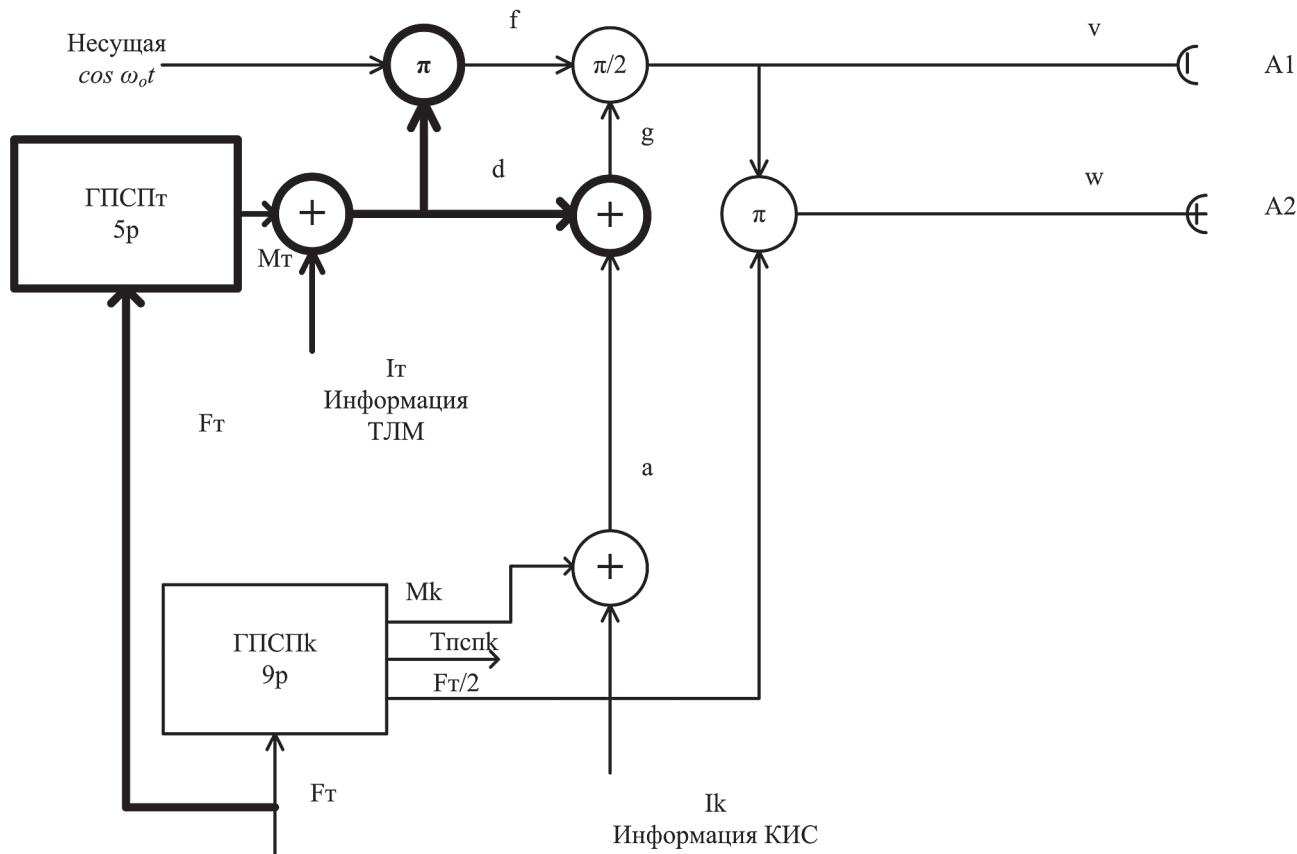


Рис. 3. Доработанная структурная схема модулятора бортового передатчика

то остаток несущей в спектре ОК превратится в совокупность спектральных составляющих ТЛМ радиосигнала, а фазовое созвездие будет состоять не из двух, а из четырех точек; это показано на рис. 2. Переходы между данными фазовыми состояниями должны происходить на тактовой частоте, значение которой изменять нецелесообразно.

Изменение значения тактовой частоты ПСП существенно затронет весь радиотракт ОК КИС, включая линейные части, а не только формирующие и обрабатывающие цифровые устройства.

Таким образом могут быть реализованы два независимых (разделенных по квадратурам) радиоканала: канал «Q» для передачи информации КИС и канал «I» для передачи ТМИ. Длительность ПСП может быть задана для каждого канала своя, т.к. требования достоверности для передачи данных КИС и ТЛМ различны, то это позволяет пожертвовать достоверностью ТЛМ в счет увеличения скорости передачи. Для канала КИС длительность ПСП останется неизменной,

что сохранит прежний информационный поток 2 кбит/с и позволит сохранить уровень достоверности данных (низкую вероятность ошибки на символ, P_{out}), а для достижения требуемой информативности канала ТМИ можно использовать ПСП меньшей длины, что обеспечит информационный поток более 32 кбит/с.

Такое построение совмещенного радиоканала обеспечивает возможность без увеличения мощности передатчика БА КИС и без изменения требований к антенно-фидерному устройству ввести в КИС дополнительный высокоскоростной канал (более 32 кбит/с). При этом P_{out} и энергетика для информации КИС останется неизменной.

Для передачи телеметрической информации со скоростью 32 кбит/с предлагается использовать энергию узкополосной составляющей спектра высокочастотного сигнала, оставив структуру широкополосной составляющей без изменений. Таким образом может быть достигнута совместимость и независимость работы каналов системы переда-

чи телеметрической информации и системы приема и передачи информации КИС.

Ниже будет показано, что обе составляющие спектра высокочастотного сигнала являются взаимно ортогональными и при корреляционном (оптимальном) способе обработки сигнала в приемном устройстве наземной аппаратуры взаимное влияние канала на канал исключается [3].

На рис. 3 представлена структурная схема модулятора бортовой аппаратуры, способная реализовать совмещение в радиоканале «борт–земля» (обратный канал) информационных потоков квитанционной информации и телеметрической информации. Добавленные элементы показаны жирным контуром.

В схему добавлен 5-ти разрядный генератор псевдослучайной последовательности телеметрии ГПСПт, который работает от той же тактовой частоты синхронно с ГПС-Пк. Запуск (в случае необходимости – перезапуск) ГПСПт производится по сигналу маркера М-ОК канала КИС, который жестко привязан к ГПСпк.

+ – сумматор по модулю 2

π – манипулятор фазы ($0 - \pi$), в формулах $U_M(t)$ и $U_{M^*}(t)$ это множитель $\pm(\pi/2)$.

$\pi/2$ – манипулятор фазы ($0 - \pi/2$), в формулах $U_M(t)$ и $U_{M^*}(t)$ это множитель $\pm(\pi/4)$.

Вместо остатка несущей должен быть сформирован широкополосный спектр, модулированный дополнительной информацией ОК. Данный ШПС спектр будет занимать ту же полосу частот, что и существующий ШПС, и будет сформирован по методу квадратурной фазовой модуляции (КФМ). Таким образом, ранее использовавшийся сигнал ОК будет приниматься по одной квадратуре КФМ, а вновь сформированный спектр ШПС будет приниматься по другой квадратурной ветви приемника. Формирование двух широкополосных сигналов выполняется на одной тактовой частоте. Однако разрядность ГПСП для двух квадратурных каналов может отличаться, что позволит передавать по вновь сформированной квадратуре информацию на более высоких скоростях, например использовать $K=7$ и $K=5$. При когерентной обработ-

ке радиосигнала КФМ информация одного квадратурного канала приемника не влияет на обработку информации в другой квадратуре [4].

Сигналы M и M^* для совмещенного канала формируются по приведенным ниже формулам

$$U_M(t) = \cos[\omega_0 t + (\pi/2) \cdot M_T(t) \cdot U_T(t) + (\pi/4) \cdot M_T(t) \cdot U_T(t) \cdot M_K(t) \cdot U_K(t)],$$

$U_{M^*}(t) = \cos[\omega_0 t + (\pi/2) \cdot M_T(t) \cdot U_T(t) + (\pi/4) \cdot M_T(t) \cdot U_T(t) \cdot M_K(t) \cdot U_K(t) + (\pi/2) \cdot (f_T(t)/2)],$ где $M_T(t)$ – М-последовательность телеметрического канала (± 1);

$M_K(t)$ – М-последовательность КИС канала (± 1);

$U_T(t)$ – информация телеметрического канала (± 1);

$U_K(t)$ – информация КИС канала (± 1);

$f_T(t)$ – тактовая частота генератора ПСП (± 1).

Телеметрическая информация расширяется по спектру сигналом M_T

$$U_d = M_T \cdot I_T = U_T$$

и модулирует несущую частоту:

$$U_f = \cos(\omega_0 t) \cdot (M_T \cdot I_T) = \cos(\omega_0 t) \cdot U_T$$

Кроме того, информационный поток телеметрии складывается по модулю два с информационным потоком КИС

$$U_a = M_k \cdot I_k = U_k, U_g = U_d \cdot U_a = U_T \cdot U_k$$

Данная операция позволяет обеспечить отсутствие взаимного влияния каналов КИС и ТЛМ при выделении информации этих каналов на приемной стороне (в НС).

Суммарный сигнал U_g модулирует на 90° сигнал U_f . В итоге имеем в антенне А1 сигнал

$$\begin{aligned} U_V = U_{A1} &= \cos[\omega_0 t + (\pi/2) \cdot U_T + (\pi/4) \cdot U_T \cdot U_K] = \\ &= -\sin[(\pi/2) \cdot U_T] \cdot \sin[\omega_0 t + (\pi/4) \cdot U_T \cdot U_K] = \\ &= -U_T \cdot \sin[\omega_0 t + (\pi/4) \cdot U_T \cdot U_K] = \\ &= -U_T \cdot [\sin(\omega_0 t) \cdot \cos[(\pi/4) \cdot U_T \cdot U_K] + \\ &\quad + \text{Cos}(\omega_0 t) \cdot \sin((\pi/4) \cdot U_T \cdot U_K)] = -U_T \times \\ &\times (1/\sqrt{2}) \cdot \sin(\omega_0 t) - \cos(\omega_0 t) \cdot U_T \cdot \sin[(\pi/4) \cdot U_T \cdot U_K] = \\ &= -(U_T/\sqrt{2}) \cdot \sin(\omega_0 t) - \cos(\omega_0 t) \cdot U_T \cdot U_T \cdot U_K \cdot (1/\sqrt{2}) = \\ &= -(U_T/\sqrt{2}) \cdot \sin(\omega_0 t) - (U_K/\sqrt{2}) \cdot \cos(\omega_0 t), \end{aligned}$$

так как $U_T \cdot U_T \equiv 1$.

Сравнивая это выражение с U_b , видим, что по-прежнему широкополосная часть спектра модулирована информацией КИС потоком 2 кбит/с, а бывшая несущая модулиро-

вана информационным потоком телеметрии 32 кбит/с. Эти два информационных потока ортогональны, так как, во-первых, их несущие находятся в квадратурах Sin и Cos, а во-вторых, ортогональны модулирующие последовательности M_T и M_K .

Тонкие составляющие спектра также не пересекаются. Положение составляющих спектра (отклонение по частоте от подавленной несущей) для информации КИС имеет шаг $\Delta f_k = 10^6/511 = 1956,947$ Гц, а для телеметрии $\Delta f_T = 10^6/31 = 32258,065$ Гц. Общий период этих частот больше, чем ширина главного лепестка спектра сигнала.

В антенне А2 сигнал образуется π -манипуляцией сигнала U_v сигналом полутактовой частоты, одинаковой для обеих М-последовательностей:

$$\begin{aligned} U_w &= \cos[\omega_0 t + (\pi/2) \cdot U_T + (\pi/4) \cdot U_T \cdot U_K + \\ &+ (\pi/2) \cdot (F_T/2)] = -\sin((\pi/2) \cdot U_T) \cdot \sin(\omega_0 t + \\ &+ (\pi/4) \cdot U_T \cdot U_K + (\pi/2) \cdot (F_T/2)) = \\ &= -U_T \cdot \sin(\omega_0 t + (\pi/4) \cdot U_T \cdot U_K + (\pi/2) \cdot (F_T/2)) = \\ &= -U_T \cdot [\sin(\omega_0 t + (\pi/4) \cdot U_T \cdot U_K) \cdot \cos((\pi/2) \cdot (F_T/2)) + \\ &+ \cos(\omega_0 t + (\pi/4) \cdot U_T \cdot U_K) \cdot \sin((\pi/2) \cdot (F_T/2))] = \\ &= -U_T \cdot (F_T/2) \cdot \cos(\omega_0 t + (\pi/4) \cdot U_T \cdot U_K) = \\ &= -U_T \cdot (F_T/2) \cdot [\cos(\omega_0 t) \cdot \cos((\pi/4) \cdot U_T \cdot U_K) - \\ &- \sin(\omega_0 t) \cdot \sin((\pi/4) \cdot U_T \cdot U_K)] = \\ &= -U_T \cdot (F_T/2) \cdot [\cos(\omega_0 t) \cdot (1/\sqrt{2}) - \\ &- \sin(\omega_0 t) \cdot \sin((\pi/4) \cdot U_T \cdot U_K)] = -U_T \cdot (F_T/ \\ &2) \cdot \cos(\omega_0 t) \cdot (1/\sqrt{2}) + \sin(\omega_0 t) \cdot (1/\sqrt{2}) \cdot U_T \cdot U_K \cdot U_T \cdot \\ &\times (F_T/2) = (U_K^* / \sqrt{2}) \cdot \sin(\omega_0 t) - (U_T^* / \sqrt{2}) \cdot \cos(\omega_0 t). \end{aligned}$$

Таким образом, путем доработок в структуре модулятора бортового передатчика можно обеспечить модуляцию остатка несущей независимым потоком телеметрической информации с большей скоростью передачи, сохранив полную неизменность вида сигнала информации КИС, обеспечив при этом ортогональность как сигналов в двух антеннах, так и взаимную ортогональность двух информационных потоков. Это позволяет исключить взаимовлияние телеметрии и информации КИС при приеме.

Одновременно улучшается электромагнитная совместимость сигнала БА КИС с другими отечественными и международными радиосредствами в выделенном диапазоне частот, за счет преобразования несущей в псевдошумовой ТЛМ–сигнал [5].

Материал настоящей статьи свидетельствуют о возможности совмещения в радиоканале «борт–земля» потоков командно-измерительной и телеметрической информации. Причем такое совмещение не повлечет за собой ухудшения качества работы информационных и измерительных каналов КИС, а телеметрию можно будет принимать с борта КА на скоростях до 32 кбит/с с энергетическими характеристиками, обеспечивающими вероятность ошибки на символ порядка 10^{-5} при максимальной дальности работы канала ТЛМ не менее 3000 км.

Такие результаты могут быть достигнуты при построении объединенного радиоканала на базе существующего ОК КИС. В настоящее время в ОК для передачи полезной информации КИС используется лишь одна квадратура КФМ. По второй квадратуре КФМ в ОК передается постоянное информационное состояние, что приводит к образованию остатка несущей частоты в радиоспектре ОК. Если вместо постоянного информационного состояния во второй квадратурный канал подать поток ТМИ, в обеих квадратурах применить шумоподобное расширение спектра сигнала (при этом тактовая частота для двух ШПС квадратур будет одинакова, а длины ШПС для КИС и ТЛМ будут различаться), то можно реализовать совмещение информации ОК КИС и ТМИ в одном радиоканале.

Библиографический список

1. Галантерник, М.Ю. Командно-измерительные системы и наземные комплексы управления наземными аппаратами / М.Ю. Галантерник, А.В. Гориш, А.Ф. Калинин. – М.: Росавиакосмос, 2003. – 197 с.
2. Диксон, Р.К. Широкополосные системы / Р.К. Диксон. – М.: Связь. 1979. – 297 с.
3. Складар, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение – 2-е изд. / Б. Складар. – М.: «Вильямс», 2007. – 1104 с.
4. Варакин, Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами / Л.Е. Варакин. – М.: Радио и связь, 1985. – 193 с.
5. Бартечев, В.А. Спутниковая связь и вещание: Справочник – 3-е изд., перераб. и доп. / В.А. Бартечев, Г.В. Болтов, В.Л. Быков и др. Под ред. Л.Я. Кантора – М.: Радио и связь, 1997. – 528 с.

НЕЙРОМОДЕЛЬ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА В ЗАДАЧЕ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАСХОДОВАНИЯ РЕСУРСОВ БОРТОВЫХ СИСТЕМ

В.А. СКОРНЯКОВ, доц. каф. вычислительной техники МГУЛ, канд. техн. наук,
Д.А. ЗЕЛЕНОВ, асп. ФГУП ЦНИИМаши

zelenov@mcc.rsa.ru

При оперативном управлении космическими аппаратами (КА) одно из главных мест занимает задача планирования расходования ресурсов бортовых систем с точки зрения обеспечения эффективной реализации программы полета, задаваемой конечным множеством целевых результатов, достигаемых в заданных временных интервалах. Под ресурсом работоспособности бортового элемента понимается параметр его состояния, характеризующий способность элемента к реализации задаваемых целей на планируемом интервале активного существования КА $[t_n, t_k]^{ka}$.

Поскольку любой космический аппарат представляется сложной системой, образованной упорядоченной совокупностью специализированных бортовых систем S_{ka} и их элементов Π_{ka} на интервале $[t_n, t_k]^{ka}$, то очевидно, что общий располагаемый ресурс КА определяется объединением располагаемых ресурсов комплекствующих его бортовых элементов, то есть

$$R_s^{ka}(t_n, t_k)^{ka} = \bigcup_{\gamma=1, \Gamma^{ka}} R_\gamma^z(t_n, t_k)^{ka}, \quad (0)$$

где $R_\gamma^z [t_n, t_k]^{ka}$ – располагаемый запас ресурса γ -ой системы на начало программе полета КА;

Γ^{ka} – число бортовых систем КА.

Общий расход ресурсов КА $R^{ka}(t_n, t_k)^{ka}$ представляется объединением расходуемых ресурсов по составляющим его системам и бортовых элементов.

$$R^{ka}(t_n, t_k)^{ka} = \bigcup_{\gamma=1, \Gamma^{ka}} \left\{ R_\gamma^\phi(t_n, t_k)_\gamma^\phi \mid \overline{\phi = 1, \Phi_\gamma^{ka}}, \left[t_n, t_k \right]_\gamma^\phi \in \left[t_n, t_k \right]^{ka} \right\}, \quad (1)$$

$$R_\gamma^\phi(t_n, t_k)_\gamma^\phi = \bigcup_{\pi=1, \Pi^{\phi\gamma}} \left\{ r_\pi(t_n, t_k)_\pi^{\phi\gamma} \mid \overline{\pi = 1, \Pi^{\phi\gamma}}, \left[t_n, t_k \right]_\pi^{\phi\gamma} \in \left[t_n, t_k \right]_\gamma^\phi \right\}, \quad (2)$$

где Φ_γ^{ka} – число включений γ -ой системы по программе полета;

$[t_n, t_k]_\gamma^\phi$ – интервал времени функционирования γ -ой системы при ϕ -ом включении;

$[t_n, t_k]^{ka}$ – интервал времени функционирования КА по программе полета;

Γ^{ka} – число бортовых систем КА;

$R_\gamma^\phi(t_n, t_k)_\gamma^\phi$ – расход ресурса γ -ой системы при ϕ -ом включении на интервале времени $[t_n, t_k]_\gamma^\phi$;

$\Pi^{\phi\gamma}$ – число приборов γ -ой системы при ϕ -ом включении;

$[t_n, t_k]_\pi^{\phi\gamma}$ – интервал времени функционирования π -ого прибора γ -ой системы при ϕ -ом включении;

$r_\pi(t_n, t_k)_\pi^{\phi\gamma}$ – расход ресурса π -ого прибора γ -ой системы при ϕ -ом включении на интервале времени $[t_n, t_k]_\pi^{\phi\gamma}$.

В таком случае ресурс работоспособности бортового элемента r_π может быть определен как параметр состояния этого элемента, характеризующий его способность к реализации требуемого процесса на задаваемом интервале функционирования $[t_n, t_k]_\pi^{\phi\gamma}$. Естественно, что для решения задачи планирования расходования ресурсов требуется определить все составляющие компоненты приведенных соотношений (0–2). Однако особенность решения рассматриваемой задачи состоит прежде всего в том, что она характеризуется многомерностью, определяемой большим числом систем и агрегатов космического аппарата, различной природой протекающих в них физических процессов, что исключает возможность использования для их описания математических конструкций в едином формате представления из состава существующих разделов современной математики. Кроме того, комбинаторная природа конфигурирования структурного облика космического аппарата

в процессе реализации конкретных режимов работы порождает феномен, именуемый в задачах управления большими системами как «проклятие размерности» [1], при котором непосредственное описание всех возможных комбинаций оказывается физически не реализуемым. По сути, единственным остается подход, основывающийся на системных принципах декомпозиции решаемой задачи на составные части с последующим формальным описанием выделяемых элементов на образованных уровнях рассмотрения, реализацией на них выделяемых подзадач и последующим синтезом получаемых результатов на основе их функциональных зависимостей и ассоциативных связей между элементами структуры. При этом главным в построении такой иерархии является вопрос выбора масштаба разбиения, то есть определение числа уровней рассмотрения (страт) космического аппарата.

Поскольку поуровневое решение выделяемых подзадач должно обеспечивать последовательное приближение к итоговому результату, как показано в работе [2], расстояние между уровнями k и $(k+1)$: $p(k, (k+1))$ модели КА (то есть шаг решения) должно быть таким, чтобы обеспечивалась гарантированная возможность использования резервных вариантов решений на случай воздействия непредвиденных возмущений на выбранном интервале. В таком случае декомпозиция задачи должна строиться на принципах самоорганизующихся систем, основывающихся на реализации идеи свободы выбора решений («Принцип Габора») [2–3].

Анализ процесса планирования управления КА показывает, что реализуемая операторами на текущий момент технология базируется на конструктивных понятиях и категориях, используемых при их создании. В основе этого процесса – программа полета, определяющая поставленные цели. Заданным целям ставятся в соответствие требуемые операции по их достижению. Конкретизация требований по способам исполнения целей происходит на уровне режимов бортовых систем путем выбираемых для реализации заданных режимов соответствующих систем и приборов. То есть в существующей

технологии уже заложена соответствующая иерархия, реализующая поэтапное (поуровневое) отображение целевой установки на конкретное устройство, обеспечивающее получение целевого результата с заданными показателями. Кроме того в конструктивном исполнении КА закладывается и определенная избыточность в формате резервных ресурсов на случай непредвиденных ситуаций, как на уровне операций, режимов, так и по составу бортовой аппаратуры. Такой располагаемый резерв в функциональном и конструктивном формате как раз и обеспечивает названный ранее интервал (шаг $p(k, (k+1))$) на траектории достижения цели, при котором альтернативные варианты реализуются на базе резервных ресурсов.

В таком случае представляется возможным и целесообразным при построении модели структуры космического аппарата воспользоваться принятыми в технологическом цикле оперативного управления основными понятиями и категориями. В их составе:

- цель (Ц): под i -той целью понимается конкретный результат, определяемый программой полета, получаемый в процессе функционирования КА на заданном интервале времени $\tau^i = [t_n^i, t_k^i]$, где t_n^i, t_k^i – моменты начала и конца процесса реализации i -й цели. То есть цель C_i представляется n -й $C_i = (c_i, \tau^i)$;

- операция (О): под операцией понимается совокупность определенных действий, исполняемых на борту КА, по достижению цели (Ц) в требуемом интервале времени;

- режим (Р): под режимом понимается конкретный способ действий, исполняемых на борту КА по достижению цели в требуемом интервале времени;

- система (S): под системой понимается совокупность специализированных технических и программных устройств, реализующих режимы на борту КА;

- прибор (П): под приборами (агрегатами) понимаются технические устройства, реализующие специализированные функции в составе системы.

Приведенная классификация соотносит каждую из категорий с соответствующим уровнем рассмотрения КА в составе целевой

страты, страты операций, страты режима, страты систем и страты приборов. В таком случае модель космического аппарата в теоретико-множественном представлении может быть задана декартовым произведением вида

$$G_{ka} = \Pi_{ka} \times O_{ka} \times P_{ka} \times S_{ka} \times \Pi_{ka} = \left\{ \begin{array}{l} u_i \in \Pi_{ka}, i = \overline{1, I_{ka}}; \\ o_k^i \in O_{ka}, k = \overline{1, K_{ka}^i}; \\ r_n^k \in P_{ka}, n = \overline{1, N_{ka}^k}; \\ s_\gamma^n \in S_{ka}, \gamma = \overline{1, \Gamma_{ka}^n}; \\ \pi_m^\gamma \in \Pi_{ka}, m = \overline{1, M_{ka}^\gamma} \end{array} \right\}, (3)$$

где Π_{ka} – множество целей по программе полета;

O_{ka} – множество операций, реализуемых на борту КА;

P_{ka} – множество режимов операций на борту КА;

S_{ka} – множество бортовых систем КА;

Π_{ka} – множество приборов на борту КА;

u_i – i -я цель КА;

o_k^i – k -я операция при реализации i -й цели КА;

r_n^k – n -й режим исполнения k -й операции;

s_γ^n – γ -я система, участвующая в n -м режиме;

π_m^γ – m -й прибор γ -той системы;

I_{ka} – число реализуемых на борту целей;

K_{ka}^i – число операций, участвующих в реализации i -й цели КА;

N_{ka}^k – число режимов реализации k -й операции;

Γ_{ka}^n – число систем, участвующих в реализации n -го режима;

M_{ka}^γ – число приборов, участвующих в работе γ -й системы.

Однако подобная форма задания КА еще не позволяет в явном виде отобразить его функциональные свойства на всем многообразии возможных вариантов конфигурирования его структуры и требуется такое преобразование соотношения (3), при котором обеспечивается возможность представления протекающих на борту процессов в их сложной коммуникативной логической взаимосвязи.

С учетом приведенной классификации категорий рассмотрения КА такая структуризация модели (3) может быть выполнена на базе математического аппарата теории графов и теории конечных автоматов, модифицированных в применении к построению нейросетей [4–5]. В таком случае структурированные элементы множества n -ок $\{(c_p, o_k^i, p_n^k, s_\gamma^n, \pi_m^\gamma)\}$ и множество связей на этом множестве могут быть представлены ориентированным графом вида

$$G_{ka} = (W_{ka}, L_{ka}), (4)$$

где W_{ka} – множество вершин графа на 5 рассматриваемых уровнях (стратах);

L_{ka} – множество дуг графа, отображающих множество связей на множестве W_{ka} .

$$W_{ka} = \{M_{i_k}^k | i_k = \overline{1, J_k}; k = \overline{1, K_p}\}, (5)$$

где J_k – число вершин графа на рассматриваемом уровне;

K_p – число страт модели структуры КА.

$$L_{ka} = L_{ka}^{вх} \cdot L_{ka}^{исх}, (6)$$

$$L_k^{вх} = \{J_\gamma^{вх, k} | \gamma = \overline{1, A^{вх, k}}; k = \overline{1, K_p}\}, (7)$$

где $A^{вх, k}$ – число дуг, приходящих к элементам множества W_{ka} на k -й страте;

$$L_k^{исх} = \{J_\mu^{исх, k} | \mu = \overline{1, B^{исх, k}}; k = \overline{1, K_p}\}, (8)$$

где $B^{исх, k}$ – число дуг, исходящих от элементов множества W_{ka} на k -й страте.

Функциональные свойства элементов и множество связей графа G_{ka} могут быть отображены по типу модели «Маккаллока-Питтса» [5] некоторым модулем (базовым элементом), представляемым конечным автоматом в виде пятерки

$$A = \{X, Y, Z, f, \varphi\}, (9)$$

где X – множество входов;

Y – множество выходов;

Z – множество внутренних состояний;

$f: Z \times X \rightarrow Z$ – функция перехода; (10)

$\varphi: Z \times X \rightarrow Y$ – функция выхода; (11)

В таком случае модель целевого уровня КА может быть представлена подграфом Π_{ka} графа G_{ka} (4) в виде соотношения

$$\Pi_{ka} = \{(C_i, L_i) | i = \overline{1, I_{ka}}\}, (12)$$

где C_i и L_i – соответственно множество вершин графа i -й цели и множество свя-

зей (дуг) на множестве Π_p , задаваемых в соответствии с соотношением (9).

Подграф операции O_{ka} представляется аналогичной структурой

$$O_{ka} = \left\{ (O_k^i, L_k^i) \mid k = \overline{1, K_{ka}^i}; i = \overline{1, I_{ka}} \right\}, \quad (13)$$

где K_{ka}^i – число операций, участвующих в i -й цели.

Модель режимов систем задается подграфом вида

$$P_{ka} = \left\{ (P_n^k, L_n^k) \mid n = \overline{1, N_{ka}^k}; k = \overline{1, K_{ka}^i}; i = \overline{1, I_{ka}} \right\}. \quad (14)$$

Модель систем представляется подграфом, образованном на множестве базовых элементов систем КА

$$S_{ka} = \left\{ (S_\gamma^n, L_\gamma^n) \mid \gamma = \overline{1, \Gamma_{ka}^n}; n = \overline{1, N_{ka}^k}; k = \overline{1, K_{ka}^i}; i = \overline{1, I_{ka}} \right\}. \quad (15)$$

И наконец, модель аппаратного уровня, где интересующий нас ресурсный параметр состояния отображается непосредственно в функциональных соотношениях базовых элементов

$$\Pi_{ka} = \left\{ (P_{m\gamma}^l, L_m^l) \mid m = \overline{1, M^l}; \gamma = \overline{1, \Gamma^n}; n = \overline{1, N_{ka}^k}; k = \overline{1, K_{ka}^i}; i = \overline{1, I_{ka}} \right\}. \quad (16)$$

Таким образом, в итоге выполненных построений мультиграфа G_{ka} , представленный соотношением (4), преобразован в 5-уровневую упорядоченную иерархическую систему графовой конструкции. Такая стратификация модели позволяет решать задачи на любом интересующем уровне рассмотрения.

Применение такого подхода к решению интересующей нас задачи планирования расходования ресурсов бортовых систем космического аппарата позволяет обеспечить названные выше качества методики формирования стратегии решений, при которой обеспечивается необходимая свобода выбора решений и адаптивная самоорганизация планируемой системы, поскольку предлагаемая модель позволяет реализовать оперативный поиск альтернативных вариантов в масштабах всей иерархии модели КА, отображающей, как ее аппаратные, так и функциональные ресурсы. При этом задача может быть сформулирована в виде для заданного множества целей $\Pi^{\alpha} \in \Pi_{ka}$, планируемых к достижению

на α -м участке программы полета в интервале $[t_n^{\alpha}, t_k^{\alpha}]$

$$\Pi^{\alpha} = \left\{ \begin{array}{l} i = \overline{1, I^{\alpha}}; \alpha = \overline{1, A}; \\ \left(\Pi_i^{\alpha}, [t_n^i, t_k^i]^{\alpha} \right) [t_n^i, t_k^i]^{\alpha} \in [t_n, t_k]^{\alpha}; \\ [t_n, t_k]^{\alpha} \in [t_n, t_k]_{ka} \end{array} \right\}, \quad (17)$$

где I^{α} – число целей, реализуемых на интервале $[t_n, t_k]^{\alpha}$;

$[t_n, t_k]^{\alpha}$ – интервал времени α -го участка;

A – число планируемых участков;

$[t_n, t_k]^{\alpha}$ – интервал времени реализации i -й цели на α -м участке,

требуется найти такое множество значений ресурсов задействуемых приборов

$$R_{\pi}^{\alpha}(t_n, t_k)^{\alpha} = \left\{ \begin{array}{l} \pi = \overline{1, \Pi^{\alpha}}; \\ [t_n, t_k]^{\alpha} \in [t_n, t_k]_{\gamma}^{\alpha}; \\ r(t_n, t_k)_{\pi}^{\alpha} [t_n, t_k]_{\gamma}^{\alpha} \in [t_n, t_k]^{\alpha}; \\ \varphi = \overline{1, \Phi^{\alpha}}; \\ \gamma = \overline{1, \Gamma^{\alpha}}; \\ i = \overline{1, I^{\alpha}}; \alpha = \overline{1, A} \end{array} \right\}, \quad (18)$$

при которых обеспечивается гарантированный запас ресурсов бортовых систем для достижения целей, планируемых программой полета на остающемся интервале функционирования КА (t_k^{α}, t_k^{mn}) , то есть должно выполняться условие

$$\forall \Pi_{ka} \in \left(\Pi_{ka} / \Pi [t_n^{mn}, t_k^{\alpha}] \right) \rightarrow \forall \gamma \in \Gamma: \\ \left(R_{\gamma}^{\alpha} [t_n^{mn}, t_k^{mn}] - \sum_{\alpha=1}^A R_{\gamma}^{\alpha} [t_n, t_k]^{\alpha} \right) \rightarrow \max_{\{r_{\pi}^{\alpha}(t_k^{\alpha}, t_k^{mn})\}_{\pi=1, \Pi_{ka}}}$$

где $i = 1, I_{ka}^{ост}$, $I_{ka}^{ост}$ – число оставшихся целей на интервале (t_k^{α}, t_k^{mn}) ;

$R_{\gamma}^{\alpha} [t_n^{mn}, t_k^{mn}]$ – запас ресурса γ -й системы по программе полета;

$R_{\gamma}^{\alpha} [t_n, t_k]^{\alpha}$ – отработанный ресурс γ -й системы на α -ом участке;

$r_{\pi}^{\alpha}(t_k^{\alpha}, t_k^{mn})$ – располагаемый ресурс π -ого прибора на интервале (t_k^{α}, t_k^{mn}) ;

t_k^{α} – момент окончания последнего α -го планируемого участка работы;

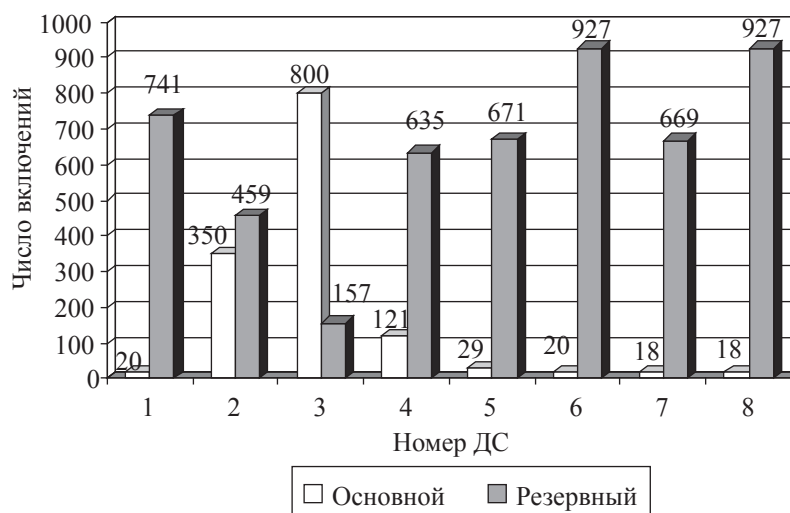


Рис. 1. Количество включений основных и резервных двигателей стабилизации КА «Электро-Л» за вторую половину 2011 г.

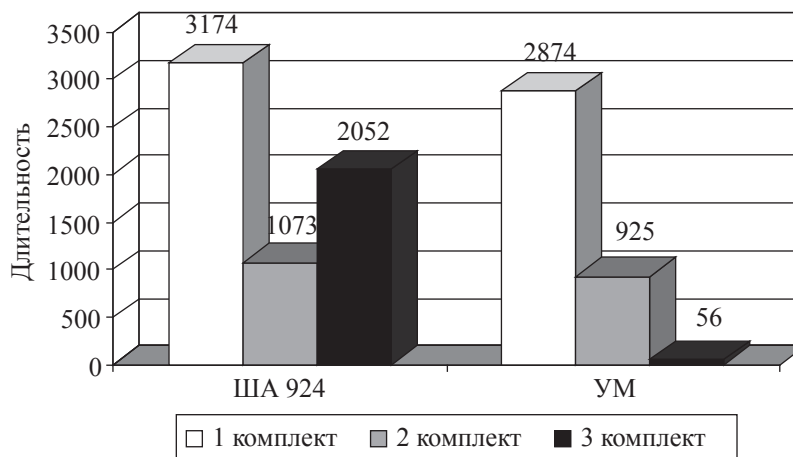


Рис. 2. Нарботка (часов) составных частей БА КИС КА «Электро-Л» за вторую половину 2011 г.

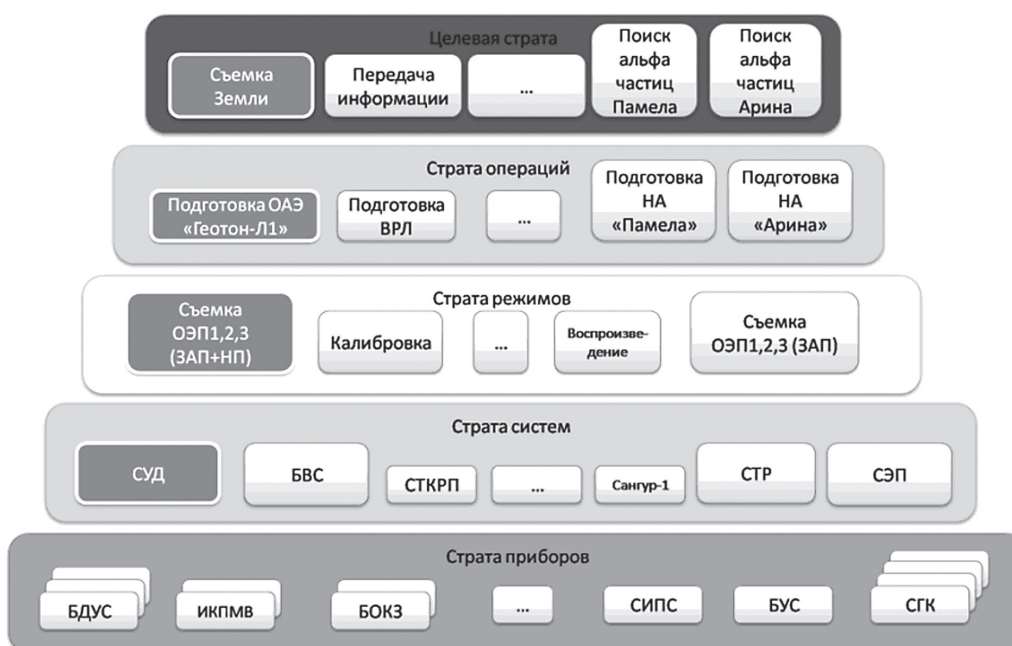


Рис. 3. Представление уровней иерархии модели КА типа «Ресурс-ДК1»

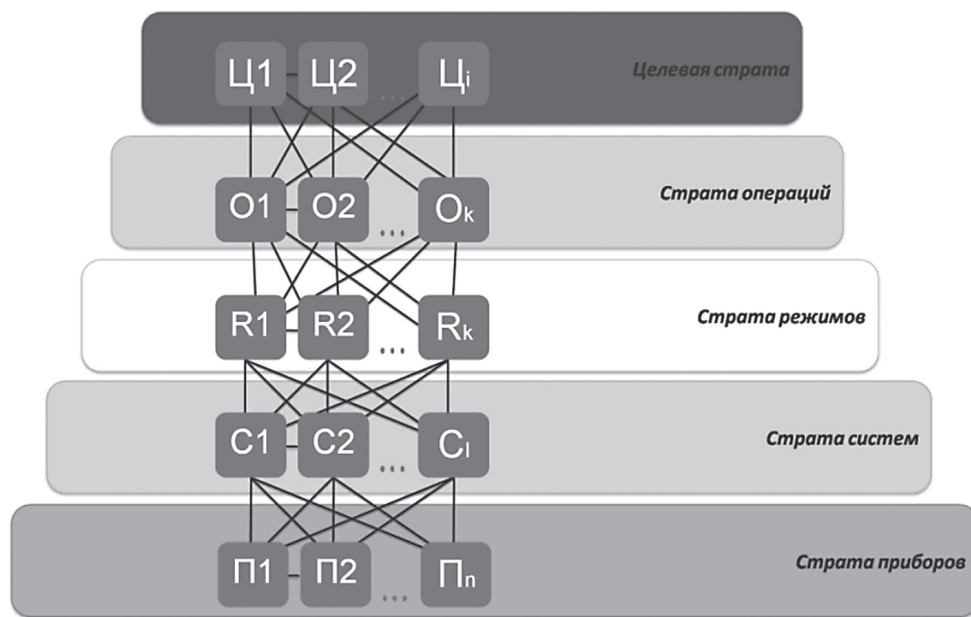


Рис. 4. Общий вид модели КА (мультиграф)

Идентификатор	Описание	ВХОД					ВЫХОД															
		Характер связи	Модуль, формирующий вход				Характер связи	Модуль, воспринимающий выход														
1	Изменения (№, дата)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
2	Система	№ входа	Схемное обозначение	Физический смысл	Индекс	Индекс ТМ	Идентификатор модуля	Схемное обозначение модуля	Уравнение выхода	Схемное обозначение выхода	№ выхода	Участие в режиме	Признак устойчивого состояния	Признак формирования целевого результата	Схемное обозначение выхода	Физический смысл	Индекс	Идентификатор модуля	Схемное обозначение модуля	Схемное обозначение входа	Индекс ТМ	
3	Блок																					
4	Модуль																					
5	№ документа (схема, лист)																					
6	Схемное обозначение модуля																					

Рис. 5. Табличная форма задания базового элемента

при ограничении вида

$$\forall \Pi_{ka} \in \left(\frac{\Pi_{ka}}{\Pi [t_n^{mn}, t_k^\alpha]} \right) \rightarrow \forall \gamma \in \Gamma : \left(R_\gamma^3 [t_n^{mn}, t_k^{nn}] - \sum_{\alpha=1}^A R_\gamma^\alpha [t_n, t_k]^\alpha \right) \geq R_\gamma^3 [t_k^\alpha, t_k^{nn}], \quad (20)$$

где $R_\gamma^3 [t_k^\alpha, t_k^{nn}]$ – запас ресурсов γ -ой системы по программе полета на оставшиеся $\{\Pi_i\}$, на участке (t_k^α, t_k^{nn}) .

Иллюстративные примеры фрагментов модели КА, реализуемой на основе рассмотренных принципов в задаче оперативного планирования расходования ресур-

сов бортовых систем, приведены на рис. 3–5. Результаты анализа [6] существующих технологий оперативного планирования расходования ресурсов бортовых систем представлены на рис. 1 и 2, где очевидна контрастная неравномерность расходования ресурсов резервированных комплектов систем, чреватая снижением надежности системы в целом. На рис. 3 представлены уровни иерархии модели КА типа «Ресурс-ДК1» в составе пяти страт и базовых элементов на соответствующих уровнях рассмотрения. Общий вид модели КА (мультиграф $G_{КА}$ (4)) приведен на рис. 4. На рис. 5 приведена табличная форма задания базового элемента (9) страты приборов. Базовые элементы остальных страт представляются в аналогичном формате в терминологии кате-

горий, соответствующих рассматриваемому уровню.

Библиографический список

1. Bellman R.E., «Dynamic Programming. Princeton University Press.» – Princeton, NJ, 1957.
2. Скорняков, В.А. Некоторые вопросы системного анализа проблемы автоматизированного управления ЛА и разработки методов оперативного планирования команд: дисс. ... канд. наук / В.А. Скорняков. – МЛТИ, 1979.
3. Поспелов, Г.С. Программно-целевое планирование и управление / Г.С. Поспелов, В.А. Ириков. – М.: Сов. Радио, 1976.
4. Арбиб, М. Мозг, машина и математика / М. Арбиб, А. Майкл. – М.: Наука, 1968.
5. Маккаллок, Дж. Логические исчисления идей, относящихся к нервной деятельности / Дж. Маккаллок, У. Питтс. – М.: ИЛ, 1956.
6. Технический отчет КА «Электро-Л» Результаты летных испытаний 121-2-3-Э2–118–11.

ОБРАЗОВАНИЕ БОКОВОГО ОТРЫВА ПОТОКА ПРИ ПОДЪЕМЕ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

В.И. МЫШЕНКОВ, *проф. каф. прикл. мат. и мат. моделирования МГУЛ, д-р физ.-мат. наук*

myshenkov.@mgul.ac.ru

При подъеме летательного аппарата (ЛА) быстро уменьшается атмосферное давление, что приводит к сильному расширению струй двигателей и образованию под их воздействием отрыва обтекающего потока на боковой поверхности аппарата. С дальнейшим увеличением высоты полета длина образующейся отрывной области возрастает, туда поступают недогоревшие продукты струи, перемешиваются с воздухом набегающего потока и сгорают. В результате температура газа в отрывной области и теплопередача к поверхности ЛА могут резко возрасти.

Относительное давление на боковой поверхности ЛА с образованием отрывной области повышается, что в случае движения аппарата под углом атаки и перекосом линии отрыва может привести к появлению дополнительного аэродинамического момента. Это показывает важность исследования образования бокового отрыва на поверхности ЛА. Актуальность исследования этого явления ранее обсуждалась в работах [1–6].

Настоящие исследования образования бокового отрыва проводятся в рамках модели совершенного теплопроводного газа на основе полной системы уравнений Навье – Стокса для двумерного ламинарного осесимметричного течения.

Конечно, рассматриваемые явления проявляются при больших числах Рейнольдса Re , когда течение на боковой поверхности ЛА является в основном турбулентным. Однако с возрастанием высоты полета в результате увеличения разреженности числа Re уменьшаются и обтекание ЛА с некоторой высоты становится ламинарным. Поскольку это происходит в достаточно большом интервале высот, когда отрывная зона имеет значительную протяженность, исследование ламинарного отрыва имеет большое практическое значение.

Проведенный в работе [2] анализ зависимости высоты полета H , степени нерасчетности струи двигателя $n = p_a / p_\infty$ (отношение давления на срезе сопла к давлению потока

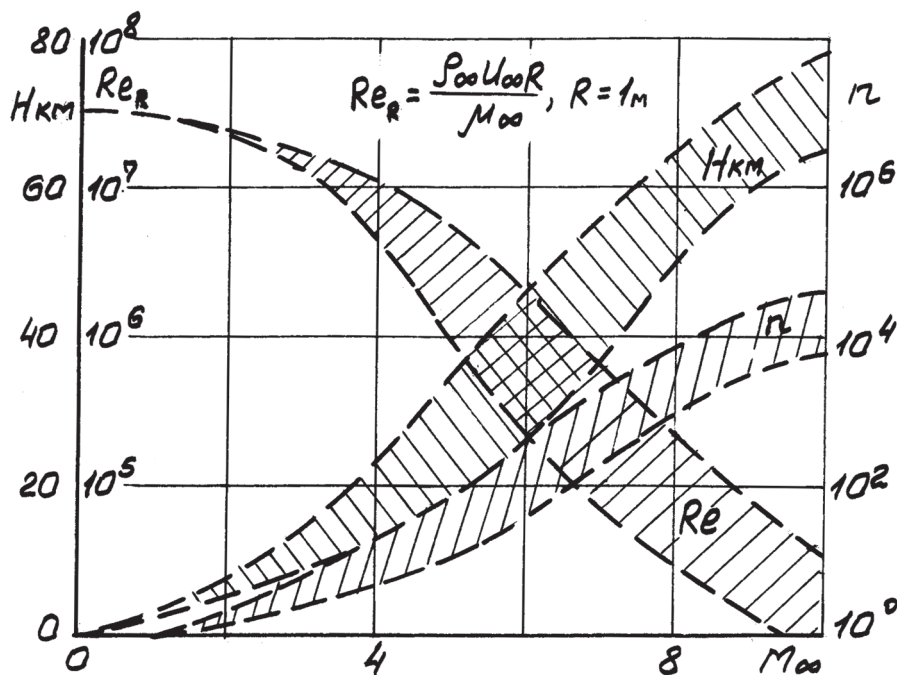


Рис. 1. Зависимость параметров полета от M_∞ для траекторий полета ЛА [2]

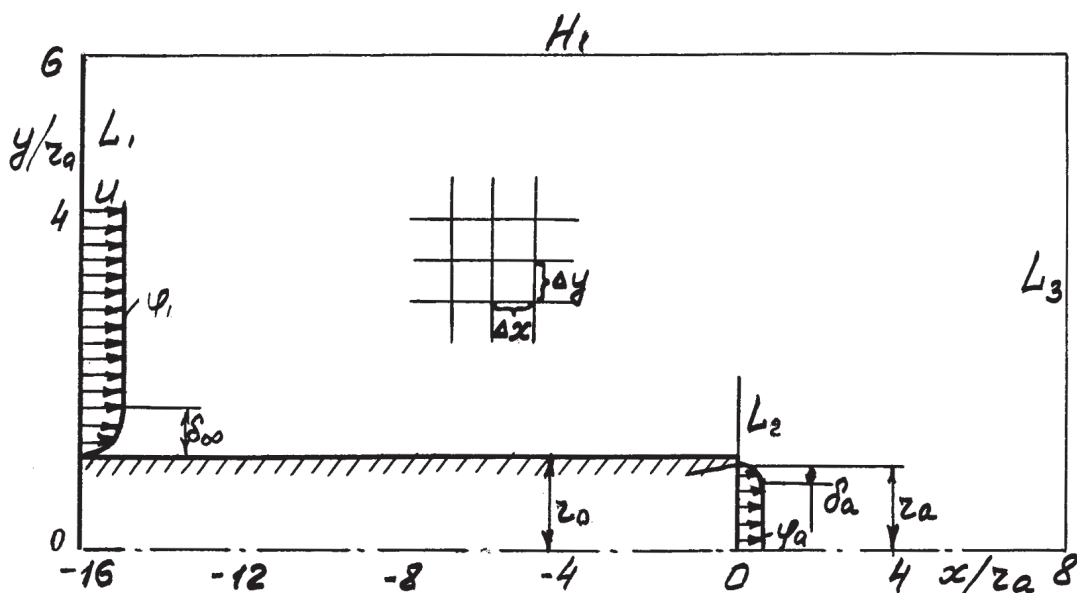


Рис. 2. Область решения задачи

на бесконечности) и чисел Рейнольдса Re_∞ от числа Маха полета M_∞ для траекторий различных ЛА показал, что даже для ЛА больших размеров режим обтекания аппаратов в большинстве случаев является ламинарным при числах $M_\infty > 6$ (рис. 1). Поэтому применение модели ламинарного обтекания.

Рассматривается образование отрывного течения при осесимметричном обтекании летательного аппарата с работающим двигателем. Задача решается в рамках урав-

нений Навье–Стокса конечно-разностным методом установления в предположении существования и единственности решения при достаточно гладких краевых условиях. Используемая система уравнений и разностная схема приведены в работе [7].

В качестве определяющих параметров приняты плотность, продольная составляющая скорости, коэффициент вязкости на срезе сопла, в качестве характерного размера – радиус среза сопла. Внутренняя энергия на

срезе сопла e_a и в спутном потоке e_∞ определяются из выражений

$$e_a = 1/\gamma (\gamma - 1) \times M_a^2, e_\infty = e_a M_a / M_\infty,$$

где M_a – число Маха на срезе сопла,

M_∞ – число Маха в спутном потоке.

Показатели адиабаты γ струи и спутного потока считаются одинаковыми. Число Рейнольдса задачи определяется по параметрам на срезе сопла Re_a и в спутном потоке Re_∞ . Радиус цилиндра принят равным $r_c = 1.1r_a$. Нижние индексы у переменных здесь и далее обозначают: ∞ – параметры набегающего потока, a – параметры на срезе сопла, w – параметры на стенке.

Решение задачи, в силу осесимметричности течения, ищется в верхней полуплоскости сечения x, y (рис. 2) (x, y – цилиндрические координаты) в области, ограниченной слева поверхностью L_1 , достаточно удаленной от среза тела, чтобы ее положение не оказывало влияния на развитие возникающего отрывного течения, и поверхностью L_2 , расположенной в сечении донного среза тела.

На поверхности L_1 задаются входные параметры потока, обтекающего тело и учитывающие предысторию течения в виде функции $f = \varphi_1(y)$. Здесь и ниже $f = (\rho, u, v, e)^T$ – вектор; ρ, u, v, e – плотность, продольная, вертикальная составляющие скорости, внутренняя энергия газа соответственно. На срезе сопла (плоскость L_2) задаются параметры вытекающей струи в виде функции $f = \varphi_2(y)$. Для корректного задания входных краевых условий $\varphi_1(y)$ на L_1 ставятся граничные условия, меняющиеся в процессе решения задачи и учитывающие изменение параметров в ближайших сечениях. Прежде всего задается вязкий пристеночный слой толщиной δ_∞ , выше которого течение полагается однородным с параметрами, равными параметрам набегающего потока. Внутри вязкого слоя продольная составляющая скорости задается в виде синусоиды со значениями $u = 0$ на стенке и $u = u_\infty$ на его внешней границе. Остальные газодинамические параметры вычисляются по заданному профилю скорости $u(y)$. Например, профиль внутренней энергии $e(y)$ в вязком слое определялся из решения задачи о распределении температуры в погра-

ничном слое на теплоизолированной стенке [10] $e(y) = e_\infty + (u_\infty - u(y))/2\gamma$. Распределение плотности определялось из уравнения состояния в предположении постоянства давления поперек вязкого слоя. Поперечная составляющая скорости v находилась путем численного решения уравнения неразрывности с коррекцией на каждом временном шаге в процессе решения задачи при условии $v = 0$ на стенке и внешней границе вязкого слоя.

Граничные условия на выходе из сопла $\varphi_2(y)$ (на поверхности L_2) для параметров ρ, v, e задавались постоянными, равными $\rho_a = 1, v_a = 0, e = e_a$. Продольная составляющая скорости задавалась синусоидальным профилем в вязком пристеночном слое толщиной δ_a при $u = 0$ на стенке сопла и $u = 1$ выше вязкого слоя.

Сверху область интегрирования ограничивается поверхностью H_1 , достаточно удаленной от поверхности тела и оси симметрии, чтобы там можно было бы поставить условия, равные условиям на бесконечности в набегающем потоке. Однако при больших степенях нерасчетности поперечные размеры струи становятся значительными, и, чтобы не помещать поверхность H_1 далеко от тела, на части H_1 , прилегающей к корме тела и далее, задавались условия гладкого сопряжения потока типа $\partial f / \partial y = 0$.

Область решения справа ограничивается поверхностью L_3 , достаточно удаленной от среза сопла, чтобы возмущения от нее не искажали течения в области взаимодействия струи со спутным потоком. На L_3 задаются условия гладкого сопряжения решения типа $\partial f / \partial x = 0$. Снизу область решения ограничивается осью симметрии, где задаются условия симметрии течения, и поверхностью тела, на которой задаются условия прилипания потока ($u = v = 0$) и равенство нулю теплового потока $q_w = 0$, то есть условие теплоизоляции стенки.

В качестве начальных условий задачи используется поле течения, где в донной области вплоть до границы L_3 задаются параметры, равные параметрам струи на срезе сопла, а над ЛА и далее – параметры, равные входным параметрам на границе L_1 .

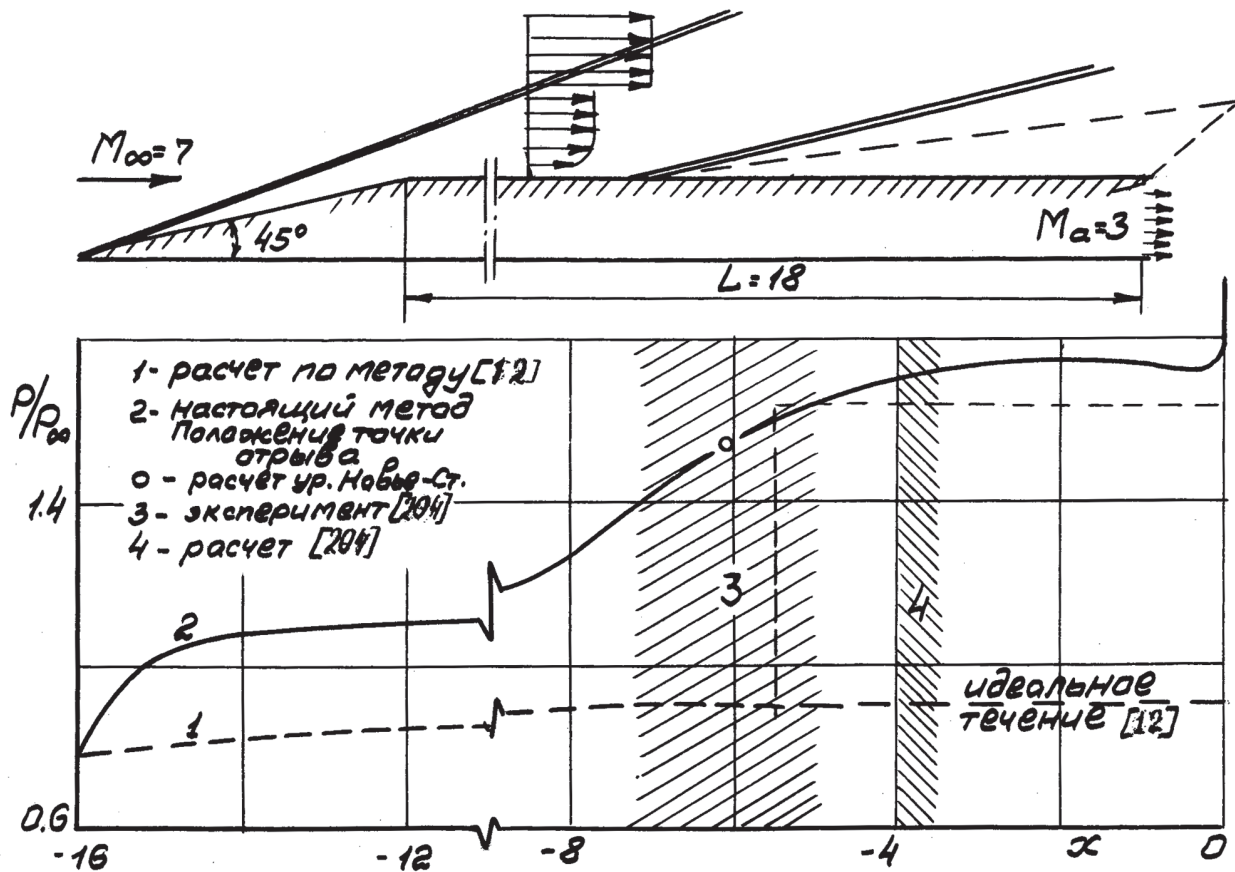


Рис. 3. Распределение давления и положение точки отрыва на теле

Задача решается методом установления с помощью неявной конечно-разностной схемы расщепления [8]. Используемая реализация схемы приведена в работе [7]. Решение считалось установившимся, если вектор продольной составляющей скорости в некотором выбранном поперечном сечении U удовлетворял условию $\|\partial U / \partial t\| \leq 10^{-3}$, t – время. Процесс установления дополнительно контролировался наблюдением за изменением длины и высоты отрывной области, которые в процессе счета стремились к своим предельным значениям.

Для проверки предложенной математической модели и сравнения ее результатов с имеющимися экспериментальными данными работы [2] был проведен расчет обтекания осесимметричного цилиндроконического тела с полууглом раствора конической части $\theta_s = 14.4^\circ$ при наличии сверхзвуковой недорасширенной струи, истекающей из кормовой части модели (рис. 3). Расчет проводился для тела, имеющего форму и геометрические

размеры, соответствующие экспериментальной модели, при газодинамических параметрах в набегающем потоке и в струе, равных параметрам проведенного эксперимента: $\gamma = 1.4$, $M_\infty = 7$, $M_a = 3$, $T_\infty = 57K$, $T_a = 221K$, $Re_\infty = 6.3 \cdot 10^4$ 1/см, $n = 50$. В качестве краевых условий на левой границе L_1 , отстоящей от донного среза на расстоянии $x = 16 r_a$, использовались данные расчета обтекания конической носовой части идеальным потоком [9], к которым для корректной постановки задачи добавлялись условия прилипания на стенке и вязкий пограничный слой толщиной $\delta_\infty = 0.2$ с синусоидальным профилем продольной составляющей скорости [10]. Граничные условия в остальной области счета ставились согласно изложенной выше постановке. Сравнение результатов расчета и эксперимента [2] проводилось из-за отсутствия других данных лишь по положению точки отрыва потока на боковой поверхности модели (по длине отрывной зоны) и показало, как видно на рис. 3, хорошее их согласие.

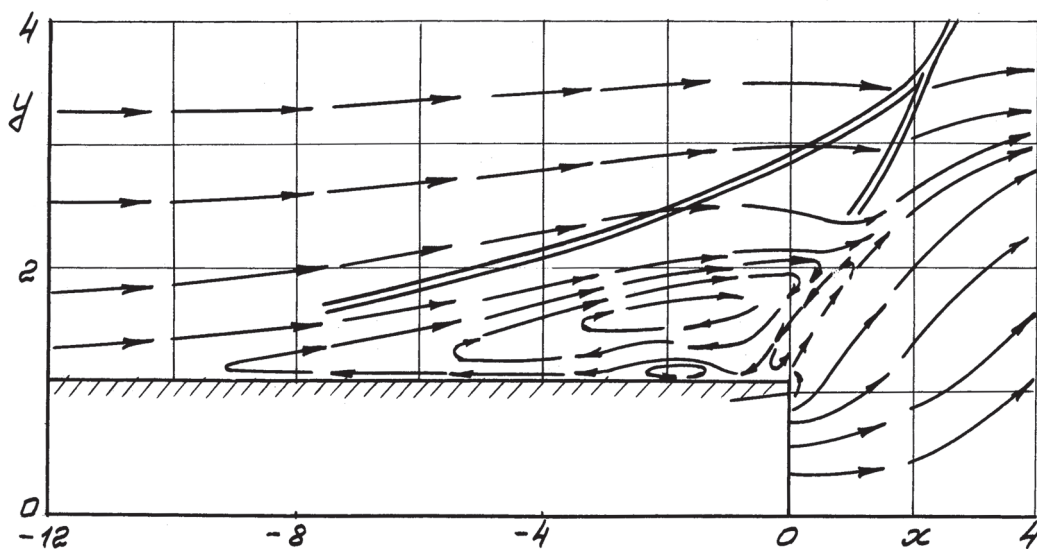


Рис. 4. Картина отрывного течения у ЛА при $M_\infty = 4$, $M_a = 2$, $n = 50$, $Re_\infty = 2 \cdot 10^4$

Сравнение расчета с экспериментом работы [2]

На рис. 3 вертикальной заштрихованной полосой (3) изображена полученная экспериментально область перемещения точки отрыва Δx при изменении числа Re_∞ в пределах от $4.5 \cdot 10^4$ 1/см до $8.1 \cdot 10^4$ 1/см. Как видно из рисунка, обозначенная кружком (о) точка отрыва потока, рассчитанная предложенным методом и соответствующая $Re_\infty = 6.3 \cdot 10^4$ 1/см, лежит посередине этого интервала Δx в области максимального градиента давления на боковой поверхности модели (сплошная линия 2). Сравнение же расчетных данных положения точки отрыва, полученных в [2] на основе приближенного метода по заданной величине критического перепада перед скачком и за ним (заштрихованная полоса 4) с экспериментальными данными (полоса 3) показывает их значительное расхождение. На рис. 3 приведено также распределение давления по поверхности тела (пунктирная линия 1), рассчитанное по методике работы [9] для случая обтекания его идеальным газом при отсутствии спутного струйного течения.

Решение рассматриваемой задачи получено при следующих значениях определяющих параметров течения: чисел Маха набегающего потока $0,5 \leq M_\infty \leq 4$, степеней нерасчетности $n = p_a / p_\infty$ $25 \leq n \leq 100$, числе Маха струи $M_a = 2$, числе Рейнольдса набега-

ющего потока $Re_\infty = \rho_\infty u_\infty r_a / \mu_\infty = 2 \cdot 10^4$, относительной температуре газа струи и спутного потока $T_{a\infty} = T_a / T_\infty = 1$, при числе Прандтля $Pr = 0.71$, $\gamma_\infty = \gamma_a = 1.4$, $T_\infty = 300\text{K}$.

Расчеты проведены для области счета (x, y) на существенно неравномерных сетках. Сетки имели наибольшую густоту у поверхности тела, в области возникающего отрывного течения и в окрестности кормовой его части, то есть в областях наибольшего изменения параметров течения и проявления сил вязкости. С удалением от поверхности тела и среза сопла шаги сетки по x и y увеличивались, что позволяло достаточно корректно выбирать границы области решения (с учетом областей влияния). Применение неравномерных сеток позволяет получать решения задачи при значительно больших числах Re , чем в случае использования равномерной сетки. Поскольку процесс установления решения, как показали методические расчеты, довольно продолжителен, для сокращения времени счета применялся метод предварительного просчета на вдвое более крупной сетке. Затем полученное решение использовалось в качестве начальных данных при решении задачи на основной, более мелкой сетке.

Расчеты показали, что при обтекании тела с вытекающей из его кормовой части струей на его боковой поверхности, начиная с некоторой величины степени нерасчетности n , образуется отрывное течение. Воз-

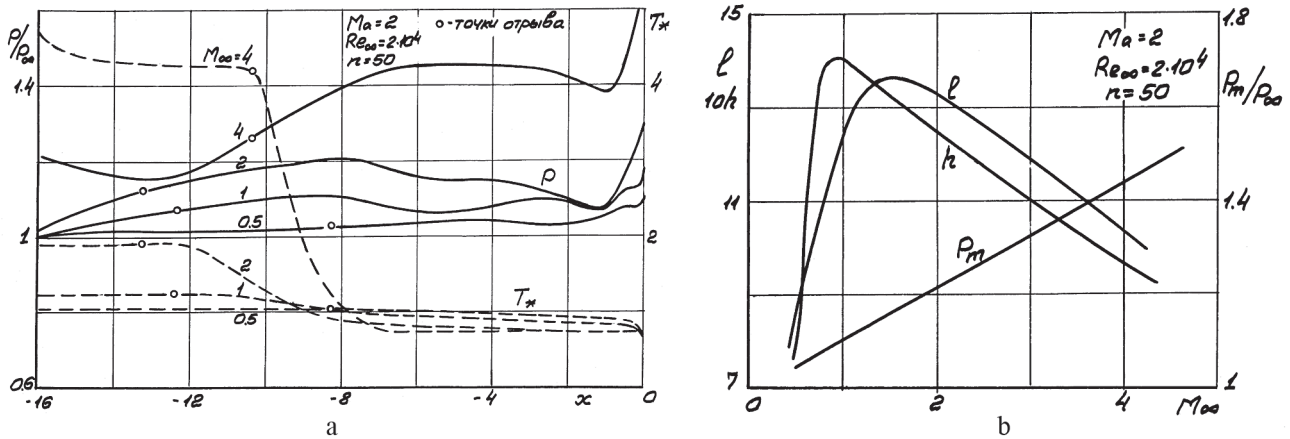


Рис. 5. Влияние числа M_∞ : а) на распределение давления p и равновесной температуры T_* на поверхности цилиндра, б) на давление «плато» p_m и размеры отрывной зоны

никающая при этом картина течения (соответствующая $M_\infty = 4$, $M_a = 2$, $Re_\infty = 2 \cdot 10^4$, $\nu = 50$, $T_{a\infty} = 1$) схематически представлена на рис. 4 и характеризуется наличием области возвратных потоков, примерно постоянным давлением («полками» давления) в отрывной области и большим положительным градиентом давления в окрестности точки отрыва.

Исследование влияния изменения числа M_∞ на параметры течения, проведенное для дозвуковых, трансзвуковых и сверхзвуковых скоростей набегающего потока, показало существенное воздействие его на распределение давления на боковой поверхности и отрывное течение в целом. Рассмотренный диапазон изменения M_∞ фактически охватывает часть трубки траекторных данных, представленных на рис. 1, поскольку представляет на самом деле диапазон изменения параметров газа за косым скачком носовой части аппарата, а не в набегающем потоке на бесконечности.

С увеличением M_∞ от $M_\infty = 0.5$ до $M_\infty = 2$ возрастает положительный градиент давления на теле перед точкой отрыва и давление в отрывной зоне (рис. 5а, сплошные линии, о – точка отрыва). Размеры отрывной области при этом увеличиваются. Причем длина отрывной области l достигает максимума при $M_\infty = 1.5$, а высота ее h – при $M_\infty \approx 1$ (рис. 5б). С дальнейшим увеличением M_∞ при $M_\infty = 4$ нарушается монотонность распределения давления на боковой поверхности перед

точкой отрыва, что приводит к сокращению размеров отрывной области. Однако градиент давления в окрестности точки отрыва и давление в отрывной области продолжают возрастать (рис. 5а). Давление «плато» отрывной зоны p_m с увеличением M_∞ меняется линейно, что согласуется с эмпирической зависимостью отрывного давления, приведенной в работе [2] (рис. 5б). Причем «полка» давления в отрывной зоне наиболее четко выражена при больших числах M_∞ .

Изменение распределения равновесной температуры стенки T_* по боковой поверхности аппарата с увеличением числа M_∞ имеет монотонный характер (рис. 5а, пунктирные линии). При $M_\infty = 0.5$ величина T_* имеет близкое к 1 значение по всей боковой поверхности: перед точкой отрыва T_* несколько больше единицы, а в отрывной зоне меньше. С увеличением числа M_∞ различие значений T_* перед точкой отрыва и в отрывной зоне увеличивается. Перед точкой отрыва T_* монотонно возрастает пропорционально величине выражения $T_\infty(1+(\gamma-1)rM_\infty/2)$ в силу диссипации энергии в вязком пристеночном слое (здесь r – коэффициент восстановления $r \approx 0.89$), а в отрывной области снижается за счет увеличения притока охлажденного газа струи. Следует отметить, что точка отрыва потока на боковой поверхности аппарата является границей между областями с плавным, перед точкой отрыва, и резким, в начале отрывной зоны, изменениями T_* . Следовательно, определение размеров отрывной зоны по распределению

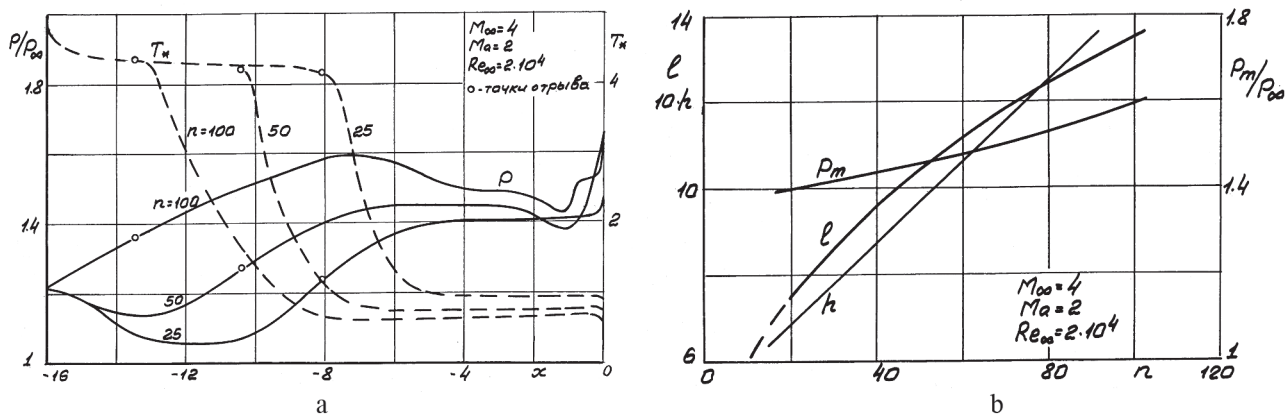


Рис. 6. Влияние нерасчетности n : а) на распределение давления p и равновесной температуры T_* на поверхности цилиндра, б) на давление «плато» p_m и размеры отрывной зоны

T_* оказывается значительно более точным, чем по распределению давления.

Увеличение степени нерасчетности n от $n = 25$ до $n = 100$ при других постоянных значениях параметров $M_\infty = 4$, $Ma = 2$, $Re_\infty = 2 \cdot 10^4$, $T_{a\infty} = 1$, как видно из распределения давления, приведенного на рис. 6а (сплошные линии, о – точка отрыва), вызывает сокращение протяженности области разрежения перед точкой отрыва и при достаточно больших n приводит к полному ее исчезновению. В этом случае область положительного градиента давления на стенке начинается сразу же от левой границы расчетной области, вызывая, несмотря на некоторое снижение величины $gradp$ с возрастанием n , увеличение размеров отрывной области (рис. 6б). Интересно отметить, что размеры отрывной области (длина l и высота h) с увеличением n монотонно возрастают примерно по линейному закону (рис. 6б).

При небольших нерасчетностях давление в отрывной зоне почти постоянно. Однако с увеличением n монотонность распределения давления нарушается, и в отрывной зоне образуются локальные экстремумы давления, что обусловлено образованием в больших отрывных зонах дополнительно отдельных вихрей. Давление «плато» p_m в отрывной зоне с увеличением M_∞ и n возрастает пропорционально $\approx M_\infty n^{0.5}$ (рис. 6б). Давление и температура газа в отрывных областях достаточно больших размеров практически постоянны везде, кроме окрестностей точек отрыва и смыкания струйных потоков. Аналогичные

зависимости распределения давления от n получены экспериментально в работе [1].

Распределение равновесной температуры стенки на боковой поверхности аппарата перед точкой отрыва потока с изменением нерасчетности не меняется. А в отрывной области равновесная температура T_* с увеличением n уменьшается благодаря возрастающему притоку в отрывную зону охлажденного газа струи (рис. 6а. T_* – пунктирные линии). Точка отрыва потока, как всегда, четко разграничивает область плавного изменения T_* перед точкой отрыва от области с резким изменением в начале отрывной зоны. С увеличением n градиент изменения T_* в отрывной зоне за точкой отрыва уменьшается. В основной части отрывной области равновесная температура стенки T_* практически одинакова.

Анализ формирования теплового режима рассматриваемой задачи показывает, что на боковой поверхности аппарата, начиная с левой границы, образуется слой газа с высокой температурой, близкой равновесной T_* . В точке отрыва этот нагретый слой газа (вязкий слой) отрывается от поверхности ЛА и проносится над образующейся отрывной зоной. Если бы этот нагретый слой в основном определял циркулирующую в отрывной зоне массу газа, то ее температура представляла бы собой некоторую среднюю величину между равновесной температурой в точке отрыва и статической температурой набегающего потока. Поскольку этого не происходит, следует считать, что большую часть газа, циркулиру-

ющего в отрывной зоне, составляет охлажденный газ из истекающей струи. Об этом также говорят данные распределения статической температуры в окрестности отрывной зоны. Отсюда следует важный для практики вывод о поступлении в отрывную зону газов струи, перемешивании их с воздухом обтекающего потока и догорания, приводящем к значительному повышению температуры аппарата.

Состав газа, циркулирующего в отрывной зоне, определяется соотношением кинетических энергий оторвавшегося вязкого слоя набегающего потока и вязкого слоя струи в области смыкания этих потоков, где происходит сепарация течений и регуляризация отрывной зоны, а также процессами диффузии газов. Отрывную зону, естественно, в основном заполняет газ, обладающий меньшей кинетической энергией. Об этом, в частности, свидетельствуют результаты расчетов при малых числах M_∞ , когда энергия струек тока спутного течения меньше энергии струек тока пограничного слоя струи (рис. 6а). В результате равновесная температура стенки в отрывной области оказывается близкой полной температуре спутного потока. При этом теплообмен между охлажденным газом струи и отрывной зоной слабо сказывается на формировании ее равновесной температуры. С увеличением числа M_∞ возрастает кинетическая энергия вязкого слоя спутного потока, и в отрывную зону возрастает приток охлажденного газа струи, что приводит к значительному снижению равновесной температуры стенки в отрывной зоне (рис. 6а). Уровень этой температуры, в конечном счете, определяется соотношением количеств газов струи и спутного потока, циркулирующих в отрывной зоне, и теплообменом с внешней средой. Однако количественный состав газов, циркулирующих в отрывной зоне, можно определить только решив исходную систему уравнений совместно с уравнением концентраций для разных газов струи и спутного потока.

Таким образом, при небольших числах Маха спутного потока M_∞ боковую отрывную область в основном заполняет газ спутного

потока. С увеличением M_∞ возрастает приток туда газа из струйного (соплового) пограничного слоя, и при $M_\infty \geq 3$ он становится основной компонентой циркулирующего в отрывной зоне газа. В результате догорания остатков горючего в отрывной области возможно значительное повышение температуры прилегающей поверхности аппарата.

Следует отметить, что определение точки отрыва потока по распределению давления оказывается менее точным, чем по распределению равновесной температуры стенки T_* . Точка отрыва потока оказывается границей между участками плавного (безотрывного) и резкого (за точкой отрыва) изменения T_* .

Библиографический список

1. Шлягун, А.Н. Взаимодействие сильно недорасширенной сверхзвуковой струи со спутным гиперзвуковым потоком / А.Н. Шлягун // Уч. зап. ЦАГИ. – Т. 10. – № 3. – 1979. – С. 37–47.
2. Carriere P., Sireix M. Effects aerodynamique de l'eclatement d'un jet de fusée/ P. Carriere, M. Sireix // Recherche Aer., 1962, N 89, p. 3–10.
3. Goethert V.H. Base characteristics of Missiles with Cluster-Rocket Exhausts/ V.H. Goethert // JAS Paper, N 60 – 89, 1960, 49 p.
4. Alpinieri L., Adams R. Flow separation due to jet pluming /L. Alpinieri, R. Adams// AIAA j., 1965, N 10, p. 1865–1866.
5. Carriere P. Recherches Recentes Effectuees a l'ONERA sules problemes de recollement/ P. Carriere // «7-th Fluid Dynamic Symposium», 1956, Sept, 23 p. Перевод БНТИ ЦАГИ N 189–66.
6. Adams R. Wind Tunnel Testing techniques for Gas-Particle Flows in Rocket Exhaust Plumes/ R. Adams // AIAA Paper, N 66–767, 1966. См. также Вопросы Ракетной Техники, 1967, N 10, с. 13–21.
7. Ковалев, Б.Д. Расчет вязкой сверхзвуковой струи, истекающей в затопленное пространство / Б.Д. Ковалев, В.И. Мышенков // Уч. зап. ЦАГИ. – 1978. – Т. 9. – № 2. – С. 9–18.
8. Березин, Ю.А. Об одной неявной схеме расчета течения вязкого теплопроводного газа / Ю.А. Березин, В.М. Ковеня, Н.Н. Яненко. // Численные методы механики сплошной среды – Т. 3. – № 4. – С. 3–18.
9. Бабенко, К.И. Пространственное обтекание гладких тел идеальным газом / К.И. Бабенко, Г.Н. Воскресенский, А.Н. Любимов и др. – М.: Наука. – 1964. – 505 с.
10. Шлихтинг, Г. Теория пограничного слоя / Г. Шлихтинг. – М.: Наука. – 1969. – 742 с.

РАСЧЕТ ОБТЕКАНИЯ НЕКОТОРЫХ АППАРАТОВ С РАБОТАЮЩЕЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ

В.И. МЫШЕНКОВ, проф. каф. прикл. мат. и мат. моделирования МГУЛ, д-р физ.-мат. наук,
Е.В. МЫШЕНКОВА, доц. «НИУ «МЭИ», канд. физ.-мат. наук

myshenkov.@mgul.ac.ru

Проведенные в работе [1] параметрические исследования образования бокового отрыва на цилиндрической части летательного аппарата, обусловленного взаимодействием обтекающего потока со струей, истекающей из его кормовой части, не учитывают должным образом деформацию поля обтекающего потока, вызванную носовой частью аппарата. Рассмотрение же задачи обтекания всего аппарата в целом с истекающей струей в настоящее время весьма затруднительно из-за ограниченности памяти и недостаточно высокой скорости действия современных ЭВМ. Решение таких сложных и объемных задач в настоящее время возможно лишь путем детализации их на отдельные части.

В качестве примера применения такого подхода была решена задача обтекания вязким звуковым потоком аппарата цилиндрической формы (полуугол раствора носовой конической части $\theta_s = 30^\circ$) с истекающей из его кормовой части струей. Расчет проводился для случая числа Маха набегающего потока $M_\infty = 1$, числа Маха струи на срезе сопла $M_a = 2$, числа Рейнольдса набегающего потока $Re_\infty = \rho_\infty u_\infty r_a / \mu_\infty = 2 \cdot 10^4$, степени нерасчетности струи $n = p_a / p_\infty = 50$, относительной температуры газа на срезе сопла $T_a / T_\infty = 1$ при задании постоянных температур поверхности аппарата T_w , газа на срезе сопла T_a , газа набегающего потока T_∞ равных 300K и длине цилиндрической части аппарата, равной $16r_a$. Радиус цилиндра принят равным $r_c = 1.1r_a$. Здесь приняты обозначения: ρ_∞ – плотность, u_∞ – скорость, p_∞ – давление, μ_∞ – коэффициент динамической вязкости газа, r_a – радиус среза сопла. Нижние индексы у переменных обозначают: ∞ – параметры набегающего потока, a – параметры на срезе сопла, w – параметры на стенке. В качестве определяющих параметров принимались плотность, продольная составляющая скоро-

сти, коэффициент вязкости на срезе сопла, в качестве характерного размера – радиус среза сопла. Внутренняя энергия на срезе сопла e_a и в спутном потоке e_∞ определяются из выражений: $e_a = 1/\gamma (\gamma - 1) \times M_a^2$, $e_\infty = e_a M_a / M_\infty$, где M_a – число Маха на срезе сопла, а M_∞ – число Маха в спутном потоке. Показатели адиабаты γ струи и спутного потока считаются одинаковыми. Расчетный случай выбирался из желания рассмотреть взаимодействие отрывной зоны на боковой поверхности аппарата, возникающей при обтекании угловой кромки носовой части (см. работу [2]), с отрывной зоной, образующейся под воздействием струи двигательной установки на обтекающий поток газа. Решение задачи выполнялось в два этапа. Вначале рассчитывалась задача обтекания цилиндрической формы тела без струи на основе уравнений Навье–Стокса по методике работы [3]. Затем полученные параметры течения в сечении сопряжения носовой части с цилиндром использовались в качестве левого граничного условия уже для расчета взаимодействия потока со струей двигательной установки в изложенной в работе [1] постановке.

На первом этапе решение задачи в силу осесимметричности течения ищется в верхней полуплоскости сечения x, y (рис. 1а) (x, y – цилиндрические координаты) в области, ограниченной слева и сверху поверхностями L_1 и H_1 , достаточно удаленными от носовой части аппарата и оси симметрии течения. На этих поверхностях ставились условия, равные условиям в набегающем потоке. На поверхности обтекаемого тела задавались условия прилипания потока и температура стенки. На правой границе расчетной области L_2 задавались мягкие условия сопряжения решения типа $\partial f / \partial x = 0$. Здесь и далее $f = (\rho, u, v, e)^T$ – вектор; ρ, u, v, e – плотность, продольная, вертикальная составляющие скорости, внутренняя энергия газа соответственно.

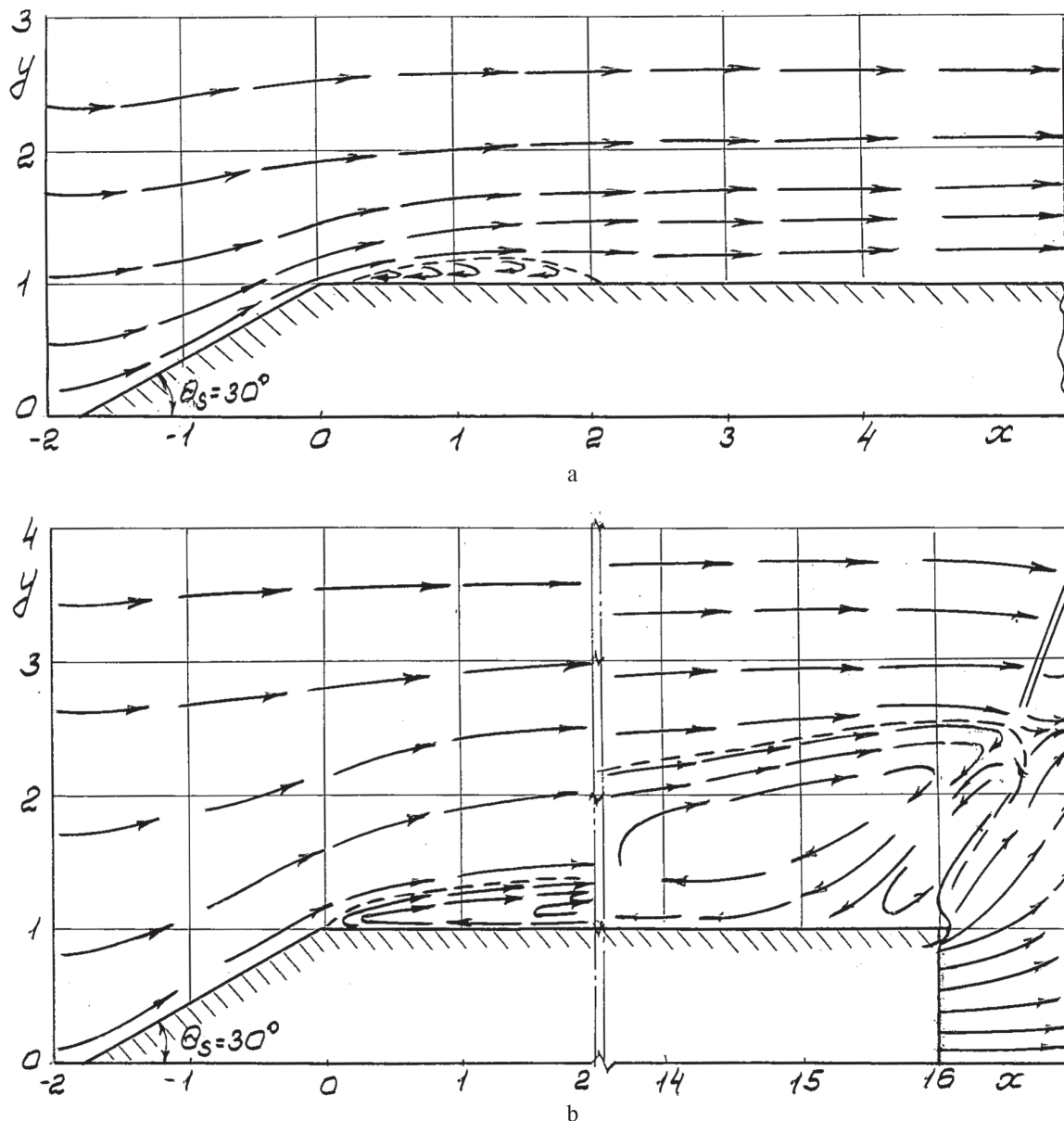


Рис. 1. Картина обтекания аппарата при $M_\infty = 1$, $n = 50$, $Re_\infty = 2 \cdot 10^4$: а) без воздействия струи двигательной установки, б) со струей двигательной установки при $M_a = 2$

Внутренняя энергия в спутном потоке определяется из выражения $e = 1/\gamma (\gamma - 1) \times M^2$, где M – локальное число Маха потока.

На втором этапе область решения x , y ограничивалась слева поверхностью L_1 , расположенной на цилиндрической части аппарата вблизи сечения сопряжения носовой части с цилиндрической, здесь задавались параметры течения, полученные в расчете на первом этапе. На верхней границе области решения H_1 , отстоящей на достаточном расстоянии от оси симметрии, задавались условия мягкого сопряжения решения типа $\partial f / \partial y = 0$.

На правой границе расчетной области L_2 , которая располагалась на достаточном удалении от среза сопла, чтобы возмущения от нее не передавались вверх по потоку в отрывную зону, задавались мягкие условия сопряжения решения типа $\partial f / \partial x = 0$. На срезе сопла (плоскость L_3) задаются параметры вытекающей струи. На боковой и донной поверхностях ЛА задавались условия прилипания потока и теплоизоляции.

Задачи решались методом установления с помощью неявной конечно-разностной схемы расщепления, приведенной в работе

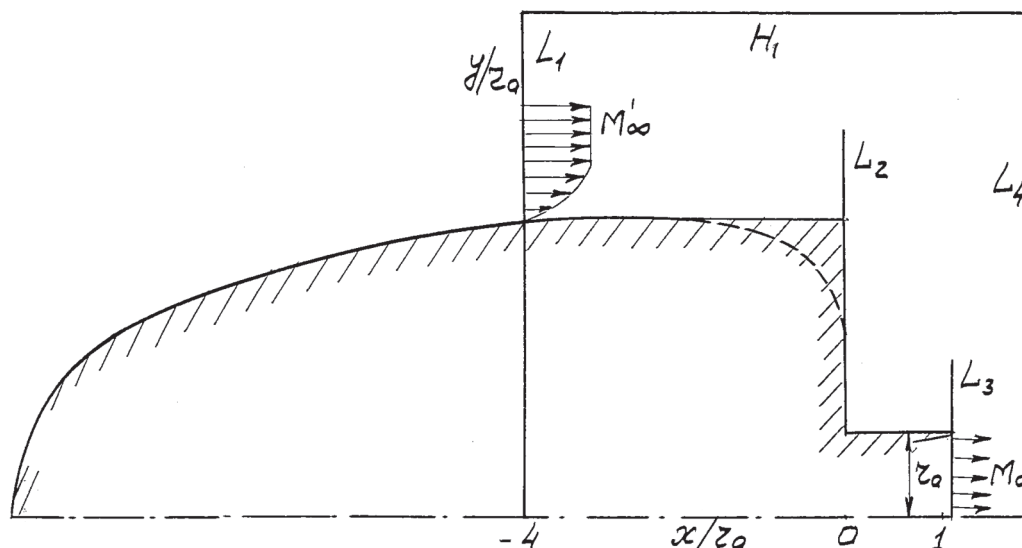


Рис. 2. Область решения задачи

[3]. Решение считалось установившимся, если вектор продольной составляющей скорости в некотором выбранном поперечном сечении U удовлетворял условию $\|\partial U / \partial t\| \leq 10^{-3}$, t – время.

Расчеты показали, что в рассматриваемом случае отрывное течение возникает в окрестности точки сопряжения цилиндра с конической носовой частью и распространяется на всю цилиндрическую часть модели до донного ее среза, то есть имеет длину около $\approx 16r_a$ (рис. 1b).

В случае же обтекания цилиндрического тела в отсутствии струи отрывная зона возникает на расстоянии порядка $\approx r_a$ от точки сопряжения конической части модели с цилиндрической частью и имеет длину менее $2r_a$ (рис. 1a). В случае исследования отрыва на цилиндрической части, вызванного только взаимодействием струи со спутным потоком, как показано в [1], отрывная зона примыкает к донному срезу модели и имеет длину порядка $12.5r_a$. Следовательно, взаимодействие рассматриваемых отрывных областей не является простой их суперпозицией, а представляет собой сложное динамическое явление, приводящее к существенному увеличению образующейся отрывной зоны.

Другим интересным примером применения изложенного способа фрагментации был расчет обтекания аппарата более сложной эллиптическо-цилиндрической формы, с ис-

текающей из ее донной его части струей. Задача решалась в области, ограниченной слева поверхностью L_1 , сверху – поверхностью H_1 , справа – поверхностью L_4 , а снизу и слева – осью симметрии, поверхностью модели и срезом сопла (рис. 2). Параметры течения над эллиптической частью модели определялись по результатам расчета обтекания идеальным газом эллипсоида с отношением полуосей 1:2 в работе [4]. На границе расчетной области L_1 полученные параметры дополнялись небольшим вязким слоем толщиной δ_∞ у стенки с синусоидальным распределением продольной составляющей скорости. Остальные граничные условия и начальные значения задачи ставились согласно изложенной ранее постановки.

Решения задачи были получены при определяющих параметрах: $M_a = 5.4$, $Re_\infty = 10^5$, показателе адиабаты газа $\gamma_\infty = \gamma_a = 1.2$, числе Прандтля $Pr = 0.8$, $M_\infty = 2$ (при степени нерасчетности $n = 14$); $M_\infty = 4$ (при $n = 50$) и $M_\infty = 6$ (при $n = 170$), соответствующих различным участкам траектории полета летательного аппарата.

Расчеты показали, что на начальном участке траектории полета около поверхности летательного аппарата (ЛА) реализуется картина течения, аналогичная картине, полученной для $M_\infty = 2$ (рис. 3a). На этом участке полета угол расширения струи из-за небольшой степени нерасчетности невелик (напри-

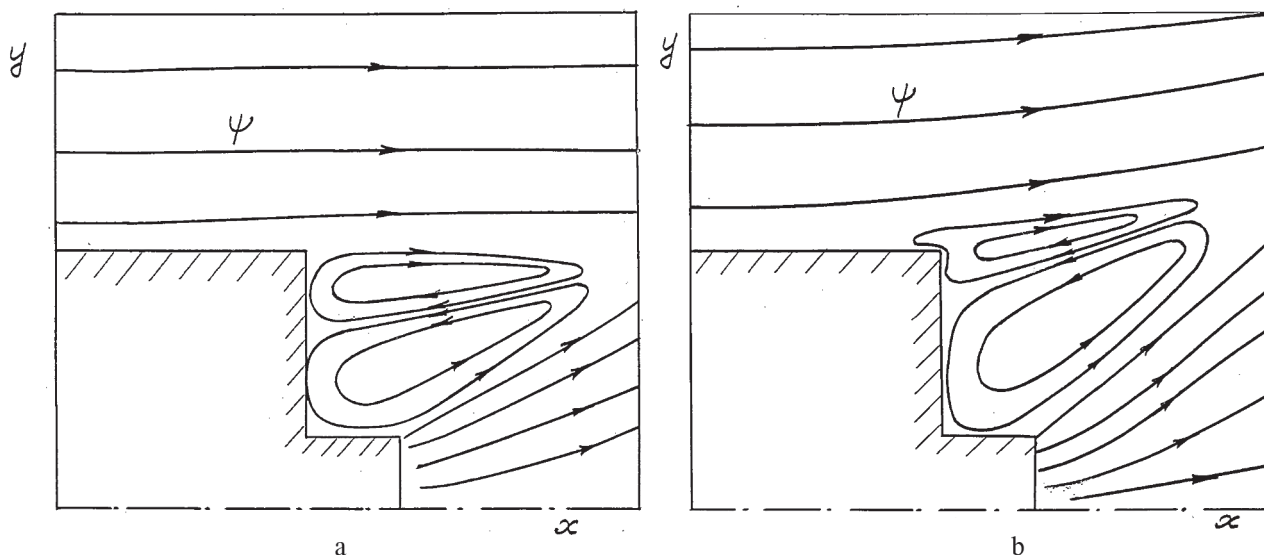


Рис. 3. Картина течения при $M_a = 5.4$, $Re_\infty = 10^5$: при $M_\infty = 2$ и $n = 14$; при $M_\infty = 4$ и $n = 50$

мер, при $M_\infty = 2$ он составляет около 27°) и не вызывает отрыва потока на боковой поверхности аппарата. Градиент давления на боковой поверхности ЛА всюду отрицательный, а равновесная температура стенки монотонно уменьшается в направлении к кормовой части. (Равновесная температура T_* – это температура стенки при условии ее теплоизоляции $\partial T / \partial y = 0$).

В донной области в результате взаимодействия обтекающего потока с двумя торoidalными вихрями, вытянувшимися по потоку на расстояние до 4 радиусов среза сопла и вращающимися навстречу друг другу (рис. 3a). Давление в циркуляционной зоне практически одинаково. Лишь у границ вихрей оно

несколько повышается. Полученные результаты показывают, что давление на донной стенке примерно на 20 % меньше давления на боковой поверхности перед угловой кромкой, а равновесная температура ее более чем на 15 % ниже температуры боковой стенки.

С подъемом ЛА увеличивается степень нерасчетности струи и растет угол ее расширения. В результате при некотором n , близком к $n = 50$, и $M_\infty = 4$ на боковой поверхности аппарата у задней угловой кромки образуется боковое отрывное течение. Возникающая боковая отрывная зона сливается с донной (внешним торoidalным вихрем), образуя единую замкнутую отрывную область (рис. 3b.). При этом длина торoidalных вихрей с увеличением числа M_∞ сокращается.

С дальнейшим подъемом ЛА еще больше возрастает степень нерасчетности струи, что при $M_\infty = 6$, $n = 170$ вызывает существенное сокращение торoidalных вихрей в донной области (рис. 4). При этом длина отрывной зоны на боковой поверхности аппарата практически не увеличивается (ее величина составляет около $0.3r_a$). Это обусловлено образованием значительного отрицательного градиента давления на боковой поверхности аппарата (рис. 5a). С образованием отрыва на боковой поверхности аппарата изменяется распределение давления и равновесной температуры на нем (рис. 5a). Перед отрывной зоной появляется область с положитель-

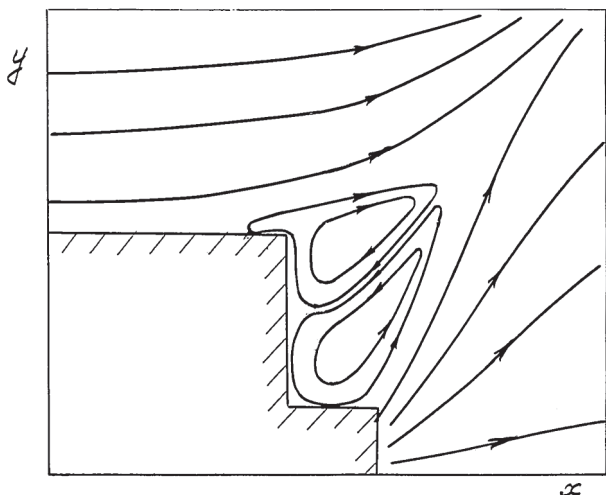


Рис. 4. Картина течения при $M_a = 5.4$, $Re_\infty = 10^5$, $M_\infty = 6$, $n = 170$

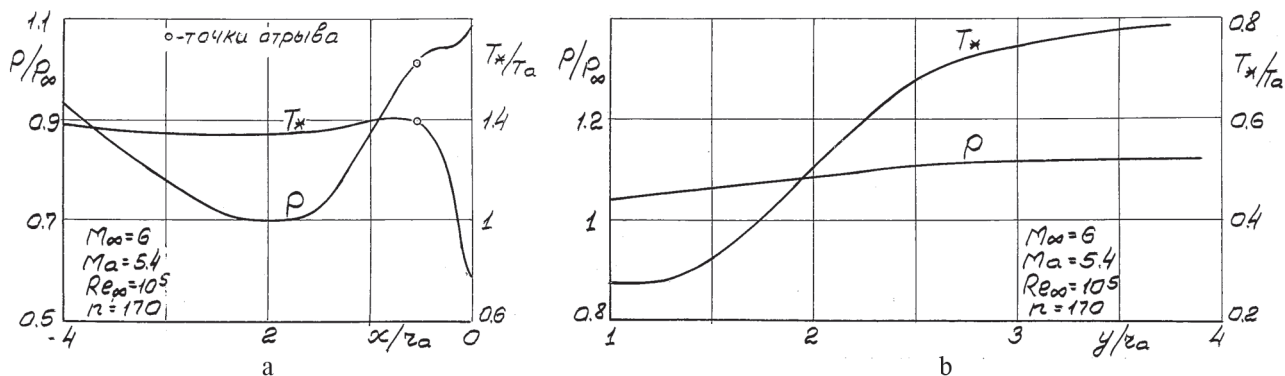


Рис. 5. Распределение давления и равновесной температуры T_* при $M_a = 5.4$, $Re_\infty = 10^5$, $M_\infty = 6$, $n = 170$ на поверхностях аппарата: а) боковой, б) донной

ным градиентом давления, а в отрывной зоне возникает «полка» давления. Равновесная температура боковой поверхности за точкой отрыва резко понижается. Давление на донной поверхности практически постоянно (различие составляет менее 7%), и значение его выше значения давления на боковой поверхности перед точкой отрыва. Равновесная температура стенки вдоль донной поверхности меняется более чем в два раза (рис. 5б). Причем температура донной стенки, омываемой внутренним вихрем, значительно ниже, чем температура верхней части стенки, омываемой внешним вихрем. На основании этого факта можно сделать вывод о том, что в нижнем тороидальном вихре циркулирует в основном газ струи, а во внешнем – смесь газов струи и обтекающего внешнего потока. В результате перемешивания эта смесь будет гореть, вызывая нагрев прилегающей поверхности аппарата.

На основе проведенных исследований установлено, что координата точки отрыва потока на поверхности аппарата более точно определяется по распределению равновесной температуры стенки, чем по распределению давления. Точка отрыва оказывается границей плавного и резкого (за точкой отрыва) изменения равновесной температуры T_* .

Библиографический список

1. Мышенков, В.И. Образование бокового отрыва потока при подъеме летательного аппарата. / В.И. Мышенков // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2013. – № 2(89).
2. Мышенков, В.И. Отрывные течения около цилиндра с плоским торцом / В.И. Мышенков // Изв. АН СССР, МЖГ. – 1979. – № 2. – С. 72–79.
3. Ковалев, Б.Д. Расчет вязкой сверхзвуковой струи, истекающей в затопленное пространство / Б.Д. Ковалев, В.И. Мышенков // Уч. зап. ЦАГИ. – 1978. – Т. 9. – № 2. – С. 9–18.
4. Любимов, А.Н. Течения газов около тупых тел / А.Н. Любимов, В.В. Русанов. – М.: Наука. – 1970. – 287 с.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СТАБИЛИЗАЦИИ ВОЗВРАЩАЕМОГО АППАРАТА ТИПА «ФАРА» ПРИ СПУСКЕ В АТМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ

И.С. ИЛЬЮЩЕНКО, инженер-математик, ОАО РКК «Энергия» им. С.П. Королева,
Л.А. ДЕНИСОВА, студ. 2 курса Московского физико-технического института (ГУ)

ilivs@mail.ru, oasis93@mail.ru

Определим базисы, используемые для построения алгоритма стабилизации возвращаемого аппарата (ВА) типа «фара» (см. рис., в работе принято $Z_{ц.м} = 0$):

– Базис I – правый инерциальный базис, связанный с Землей, начало которого на-

ходится в центре Земли, ось $O'Z$ – направлена на северный полюс;

– Базис E – базис, жестко связанный с возвращаемым аппаратом, начало которого находится в центре масс ВА, ось OX_e – параллельна оси симметрии ВА и направлена к

лобовому щиту, ось OY_e – лежит в плоскости тангажа, а ось OZ_e – дополняет базис до правого;

– Базис B – базис, связанный с возвращаемым аппаратом, начало которого находится в центре масс ВА, ось OX_b – лежит в плоскости тангажа ВА и составляет с осью OX_e угол α_b (балансируемый угол атаки), ось OY_b – лежит в плоскости тангажа при нулевом угле крена γ , а ось OZ_b – дополняет базис до правого (для $\gamma = 0^\circ$ базис будет определен ниже);

– Базис S – базис, связанный с возвращаемым аппаратом, начало которого находится в центре масс ВА, ось OX_s – направлена против вектора скорости набегающего потока \vec{V}_e , заданной в базисе E , и составляет с осью OX_e угол α (текущий угол атаки), ось OY_s – лежит в плоскости скорости набегающего потока (плоскость $OX_e X_s$), ось OZ_s – дополняет базис до правого.

Переход от инерциального базиса I к связанному базису E осуществляется с помощью кватерниона перехода q .

Следовательно, скорость набегающего потока \vec{V}_e , заданная в базисе E , может быть определена через скорость набегающего потока \vec{V} , заданную в инерциальном базисе следующим образом

$$\vec{V}_e = \tilde{q} \circ \vec{V} \circ q. \quad (1)$$

В свою очередь скорость набегающего потока в инерциальном базисе I определяется как

$$\vec{V} = [\vec{\Omega}_3, \vec{r}] - \vec{V}_0 + \Delta \vec{V}, \quad (2)$$

где $\vec{\Omega}_3$ – скорость вращения Земли;

\vec{r} – радиус-вектор положения центра масс ВА в базисе I ;

\vec{V}_0 – вектор скорости движения центра масс ВА в базисе I ;

$\Delta \vec{V}$ – вектор скорости ветра в базисе I .

Переход от связанного базиса E в связанный базис B можно задать двумя поворотами: первый поворот – относительно отрицательного направления оси OZ_e на балансируемый угол атаки α_b ; второй поворот – относительно оси OX_b на угол крена γ .

Следовательно, кватернион перехода b от базиса E в базис B определяется следующим образом

$$b = \left(\cos \frac{\alpha_b}{2} - \bar{k} \sin \frac{\alpha_b}{2} \right) \circ \left(\cos \frac{\gamma}{2} + \bar{i} \sin \frac{\gamma}{2} \right),$$

т.е.

$$b = \cos \frac{\alpha_b}{2} \cos \frac{\gamma}{2} + \bar{i} \cos \frac{\alpha_b}{2} \sin \frac{\gamma}{2} - \bar{j} \sin \frac{\alpha_b}{2} \sin \frac{\gamma}{2} - \bar{k} \sin \frac{\alpha_b}{2} \cos \frac{\gamma}{2}. \quad (3)$$

Переход от связанного базиса E в базис S можно задать двумя поворотами: первый поворот – относительно отрицательного направления оси OX_e на угол собственного вращения φ ; второй поворот – относительно отрицательного направления оси OZ_s на текущий угол атаки α . Угол собственного вращения φ задает отклонение плоскости вектора скорости набегающего потока от тангажной плоскости ВА, отсчитывается от отрицательного направления оси OY_e .

Следовательно, кватернион перехода a от базиса E в базис S определяется следующим образом

$$a = \left(\cos \frac{\varphi}{2} - \bar{i} \sin \frac{\varphi}{2} \right) \circ \left(\cos \frac{\alpha}{2} - \bar{k} \sin \frac{\alpha}{2} \right),$$

т.е.

$$a = \cos \frac{\varphi}{2} \cos \frac{\alpha}{2} - \bar{i} \sin \frac{\varphi}{2} \cos \frac{\alpha}{2} - \bar{j} \sin \frac{\varphi}{2} \sin \frac{\alpha}{2} - \bar{k} \cos \frac{\varphi}{2} \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (4)$$

Постановка задачи стабилизации ВА типа «фара».

Движение возвращаемого аппарата вокруг центра масс можно описать следующими уравнениями в жестко связанном с аппаратом базисе E

$$\begin{cases} 2\dot{q} = q \circ \vec{\omega}, \\ I\dot{\vec{\omega}} = [I\vec{\omega}, \vec{\omega}] + \vec{u} + \vec{A}. \end{cases} \quad (5)$$

Здесь $\vec{\omega}$ – угловая скорость ВА; I – тензор инерции ВА; \vec{A} – момент аэродинамических сил, действующих на ВА; \vec{u} – момент, создаваемый управляющими двигателями.

Задача стабилизации заключается в том, чтобы в рамках уравнений (5) создать такой управляющий момент \vec{u} , чтобы базис S совпал с базисом B , и угловая скорость ВА $\vec{\omega}$, в жестко связанном с аппаратом базисе E , стала нулевой за минимальное время.

Введем кватернион рассогласования $m = \tilde{b} \circ a$. Тогда, задачу можно перефразиро-

вать следующим образом: найти управляющий момент \vec{u} , чтобы за минимальное время $t_1, m_0(t_1) \approx 1, |\vec{\omega}(t_1)| \approx 0$.

Рассмотрим нулевую компоненту кватерниона рассогласования m

$$\begin{aligned}
 m_0 = & \cos \frac{\alpha_b}{2} \cos \frac{\gamma}{2} \cos \frac{\varphi}{2} \cos \frac{\alpha}{2} - \\
 & - \cos \frac{\alpha_b}{2} \cos \frac{\gamma}{2} \cos \frac{\varphi}{2} \cos \frac{\alpha}{2} + \\
 & + \cos \frac{\alpha_b}{2} \cos \frac{\gamma}{2} \cos \frac{\varphi}{2} \cos \frac{\alpha}{2} + \\
 & + \cos \frac{\alpha_b}{2} \cos \frac{\gamma}{2} \cos \frac{\varphi}{2} \cos \frac{\alpha}{2}. \quad (6)
 \end{aligned}$$

Она зависит от четырех углов: балансирующего угла атаки α_b ; угла крена γ ; угла собственного вращения φ ; текущего угла атаки α .

Балансирующий угол атаки зависит от расстояния до поверхности Земли и скорости ВА, характерная данная зависимость показана на рисунках. Будем считать, что балансирующий угол атаки в каждый момент времени может быть определен, т.е. является косвенно измеряемой величиной

Угол крена определяется из алгоритма управления центром масс, считается величиной известной в каждый момент времени.

Угол собственного вращения и текущего угла атаки можно выразить из их определения через компоненты вектора скорости набегающего потока в базисе E

$$\cos \alpha = -\frac{V_{e1}}{V}, \cos \varphi = \frac{V_{e2}}{\sqrt{V_{e2}^2 + V_{e3}^2}}, \sin \varphi = -\frac{V_{e3}}{\sqrt{V_{e2}^2 + V_{e3}^2}}.$$

Откуда для половинных углов имеем

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{V_{e1}}{2V}}, \sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{V_{e1}}{2V}}, \quad (7)$$

$$\cos \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{V_{e2}}{2\sqrt{V_{e2}^2 + V_{e3}^2}}},$$

$$\sin \frac{\varphi}{2} = -\frac{V_{e3}}{2\sqrt{V_{e2}^2 + V_{e3}^2} \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{V_{e2}}{2\sqrt{V_{e2}^2 + V_{e3}^2}}}}. \quad (8)$$

Используя выражения (1), (2), (7) и (8), мы можем представить выражения для нулевой компоненты кватерниона через параметры движения вокруг центра масс и из-

меряемые (известные нам) параметры движения центра масс в предположении отсутствия ветра.

Таким образом, задача стабилизации ВА типа «фара» в атмосфере замкнулась. Рассмотрим различные варианты постановки данной задачи, следующие из полученных уравнений.

Классификация постановок задачи стабилизации ВА типа «фара».

Условия, которые необходимо выполнить при решении поставленной задачи, можно переформулировать следующим образом:

1. В рамках действия уравнений (5) при известном состоянии в начальный момент времени $t_0 = 0$ необходимо создать такой управляющий момент \vec{u} , который минимизирует функционал

$$J = \int_{t_0}^{t_1} dt,$$

и при этом конечное состояние будет соответствовать состоянию: $m_0(t_1) = 1$ и $|\vec{\omega}(t_1)| = 0$.

2. В рамках действия уравнений (5) при известном состоянии в начальный момент времени $t_0 = 0$ необходимо создать такой управляющий момент \vec{u} , который минимизирует функционал

$$J = B_1 \int_{t_0}^{t_1} dt + B_2 (m_0(t_1) - 1)^2 + B_3 (\omega_1^2 + \omega_2^2 + \omega_3^2),$$

где B_1, B_2 и B_3 нормирующие коэффициенты, задающие зону нечувствительности, определяются эмпирически.

Изучив полученные уравнения, задачу можно классифицировать следующим образом.

1. Вводим допущение, что воздействия ветра настолько мало, что им можно пренебречь $\Delta \vec{V} = 0$, и, учитывая аэродинамическую устойчивость аппарата, можно предположить, что момент аэродинамических сил содействует решению задачи и пренебречь им, т.е. $\vec{A} = 0$.

2. При допущении отсутствия ветра $\Delta \vec{V} = 0$ учитывать момент аэродинамических сил как некоторую невозмущенную известную величину $A = const$ (постоянен на данном этапе принятия решения).

3. Учитывать скорость ветра как известную спрогнозированную величину $\Delta \vec{V} = const$ (постоянен на данном этапе принятия решения), считая, что момент аэродинамических сил отсутствует $\vec{A} = 0$.

4. Учитывать как скорость ветра, так и момент аэродинамических сил в смысле постоянных на данном этапе принятия решения $\Delta \vec{V} = const$ и $\vec{A} = const$.

5. Решать задачу в предположении, что против нас играет второй игрок $\Delta \vec{V}_r \in W$ в роли неизвестного ветра $\Delta \vec{V} = const + \Delta \vec{V}_r$: в упрощенном случае – данный игрок принимает осознанные решения из допустимой области W , чтобы худшим образом противодействовать игроку \vec{u} при решении поставленной задачи; в более сложном случае считать, что он принимает случайный характер из допустимой области W . $\vec{A} = const$.

6. Решать задачу в предположении, что против нас играет второй игрок $\Delta \vec{A}_r \in M$ в роли возмущения момента аэродинамических сил $\vec{A} = const + \Delta \vec{A}_r$: в упрощенном случае – данный игрок принимает осознанные решения из допустимой области M , чтобы худшим образом противодействовать игроку \vec{u} при решении поставленной задачи; в более сложном случае считать, что он принимает случайный характер из допустимой области M . $\Delta \vec{V} = const$.

7. Решать задачу в предположении, что против нас одновременно играют два игрока $\Delta \vec{V}_r$ и $\Delta \vec{A}_r$.

Таким образом, для принятия решения, в каких предположениях рассматривать

поставленную задачу, целесообразно решить ее в постановке 1 при допущениях 1, после чего провести оценку влияния ветра и момента аэродинамических сил при моделировании на параметры спуска.

В случае, если расход рабочего тела будет чрезмерно высок, следует решать задачу в постановке 2 с выбором коэффициентов, которые задают зону нечувствительности в предположении экономии топлива (более редкие включения импульсных двигателей).

После выбора более экономичной по топливу стратегии управления необходимо провести проверку на допустимое статистическое отклонение от точки посадки, для уменьшения отклонения от точки посадки необходимо провести оценку влияния ветра и момента аэродинамических сил. Построить модель управления на основе дифференциальной игры более влиятельно игрока (случайный ветер, отклонения аэродинамического момента от номинала). Окончательно решенной задачей будет считаться задача учета влияния обоих игроков в выбранной стратегии по минимизации расхода рабочего тела.

Библиографический список

1. Бранец, В.Н. Применение кватернионов в задачах ориентации твердого тела / В.Н. Бранец, И.П. Шмыглевский. – М.: Наука, 1973. – 320 с.
2. Охочимский, Д.Е. Основы механики космического полета / Д.Е. Охочимский, Ю.Г. Сихарулидзе. – М.: Наука, 1990. – 448 с.
3. Понтрягин, Л.С. Математическая теория оптимальных процессов / Л.С. Понтрягин, В.Г. Болтянский, Р.В. Гамкрелидзе и др. – М.: Наука, 1983. – 392 с.

О РАСПРОСТРАНЕНИИ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕШЕНИЯ КВАЗИПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ

И.Е. СИГАЛОВ, проф. каф. высшей математики МГУЛ, канд. физ.-мат. наук,
Л.А. УРОШЛЕВ, асп. каф. высшей математики МГУЛ

caf-math@mgul.ac.ru

Рассмотрим задачу Коши

$$\Delta \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^4 u}{\partial x_1^4} + \frac{\partial^4 u}{\partial x_2^4}, \quad (1)$$

$$u|_t = 0, \quad \frac{\partial u}{\partial t} = f(x), \quad (2)$$

где $x \in R^2$, $u = u(t, x)$;

Δ – лапласиан.

Будем решать задачу (1)–(2) с помощью преобразования Фурье по x , полагая

$$\hat{u}(t, \xi) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{i(x, \xi)} u(t, x) dx.$$

Тогда имеем, очевидно

$$-|\xi|^2 \frac{d^2 \hat{u}}{dt^2} = (\xi_1^4 + \xi_2^4) \hat{u}, \quad (3)$$

$$\hat{u}|_{t=0} = 0, \quad \frac{d\hat{u}}{dt}|_{t=0} = \hat{f}(\xi), \quad (4)$$

$\hat{f}(\xi)$ – преобразование Фурье функции $f(x)$.

Из (3), (4) легко получается, что

$$\hat{u}(t, \xi) = \hat{f}(\xi) \frac{\sin(tm(\xi))}{m(\xi)},$$

где

$$m(\xi) = \frac{\sqrt{\xi_1^4 + \xi_2^4}}{|\xi|}$$

По формуле обращения

$$u(t, x) = \iint e^{i(x-y)\xi + tm(\xi)} (2im(\xi))^{-1} f(y) dy d\xi - \iint e^{i(x-y)\xi - tm(\xi)} (2im(\xi))^{-1} f(y) dy d\xi. \quad (5)$$

Обозначим первый из интегралов через $u_1(t, x)$. Выбирая $\chi(\xi) \in C_0^\infty(R^2)$ так, чтобы $\chi(\xi) = 1$ в окрестности точки 0, положим

$$d(\xi) = (1 - \chi(\xi))(2im(\xi))^{-1}.$$

Тогда получим

$$u_1(t, x) = q_1(t, x) + h_1(t, x),$$

где

$$q_1(t, x) = \iint e^{i((x-y)\xi + tm(\xi))} d(\xi) f(y) dy d\xi,$$

$$h_1(t, x) = \iint e^{i((x-y)\xi + tm(\xi))} \chi(\xi) (2im(\xi))^{-1} f(y) dy d\xi.$$

Пусть $f(x) \in L^1(R^2)$. Изучим особенности функции $q_1(t, x)$.

Фазовая функция $\Phi(t, x, y, \xi) = (x - y)\xi + tm(\xi)$. По известной теореме особенности функции $u_1(t, x)$ и всей функции лежат на множестве $\{(t, x): \exists y \in \text{sing supp} u, S_\Phi\}$, где

S_Φ – естественная проекция множества

тва

$$C_\Phi = \{(t, x, y, \xi): \Phi'_\xi = 0\}.$$

Естественная проекция $T: X \times R^2 \setminus 0 \rightarrow X$, тогда $S_\Phi = \pi C_\Phi$.

Из $\Phi'_\xi = 0$ следует, что

$$\begin{cases} y_1 - x_1 + tm(\xi)'_{\xi_1} = 0 \\ y_2 - x_2 + tm(\xi)'_{\xi_2} = 0 \end{cases}$$

Библиографический список

1. Бахвалов, Н.С. Численные методы / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. – М.: Бином, 2006. – 635 с.
2. Самарский, А.А. Введение в теорию разностных схем / А.А. Самарский. – М., 1971. – 553 с.

МЕЖОТРАСЛЕВОЙ ОБЪЕДИНЕННЫЙ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ТЕХНОЛОГИИ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЛЕСА» – ИННОВАЦИОННАЯ ФОРМА ИНТЕГРАЦИИ НАУКИ, ПРОИЗВОДСТВА И ОБРАЗОВАНИЯ В ЦЕЛЯХ УСКОРЕННОГО РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЛЕСА

В.Г. САНАЕВ, *проф., ректор МГУЛ, д-р техн. наук,*

И.М. СТЕПАНОВ, *проф. каф. ВТ МГУЛ, д-р техн. наук,*

В.И. ЗАПРУДНОВ, *проф. проректор по научной работе МГУЛ, д-р техн. наук,*

В.И. ПАНФЕРОВ, *доц. начальник НИЧ МГУЛ, канд. техн. наук,*

А.Г. ТРЕТЬЯКОВ, *генеральный директор ФГУП «Росесинфорг», канд. техн. наук,*

В.Н. МАНОВИЧ, *главный инженер, ФГУП «Росесинфорг», канд. техн. наук*

stepanim@mail.ru

Пути решения проблемы ускоренного инновационного развития технологий аэрокосмического мониторинга леса.

В работах [1, 2] показано, что для обеспечения инновационного развития технологий аэрокосмического мониторинга леса

средствами российской космической системы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) необходимо наличие следующих условий:

– гарантированного инвестирования в работы по развитию технологий аэрокосмического мониторинга леса;

- гарантированных потребностей в результатах инновационной деятельности по развитию технологий аэрокосмического мониторинга леса;
- интеллектуального потенциала для разработки инновационных принципов построения развиваемых технологий;
- развитой технической базы для реализации инновационного пути развития технологий аэрокосмического мониторинга леса.

Показано также, что все необходимые условия для инновационного развития технологий аэрокосмического мониторинга леса у нас есть. Показано, что для ускоренного инновационного развития технологий аэрокосмического мониторинга леса средствами российской космической системы ДЗЗ и вывода их на лидирующие позиции в мире, необходимо решить ряд задач как стратегического, так и текущего, тактического характера.

Стратегическая задача заключается в разработке технологий аэрокосмического мониторинга природных (и лесных) ресурсов средствами российской космической системы ДЗЗ. Такая необходимость объясняется следующими причинами: во-первых, космические снимки сверхвысокого разрешения довольно дороги, космические снимки с отечественных аппаратов обойдутся гораздо дешевле, при этом надо принимать во внимание большие размеры территории России; во-вторых, использование космических снимков с отечественных аппаратов будет реальной экономической поддержкой российских производителей космической техники.

Ключевыми для текущего момента времени работами по развитию технологий аэрокосмического мониторинга леса являются:

- разработка новых методов, способов и технологий аэрокосмического мониторинга леса;
- повышение ликвидности новых научных идей, разработок и изобретений;
- расширение масштабов использования и улучшения качества средств аэрокосмического мониторинга леса при государственной инвентаризации лесов;

- разработка унифицированных промышленных программных систем аэрокосмического мониторинга леса;
- разработка системы международной сертификации технологий аэрокосмического мониторинга леса;
- развитие инфраструктуры систем аэрокосмического мониторинга леса;
- решение проблемы инвестирования в работы по развитию технологий аэрокосмического мониторинга леса;
- разработка правовых норм и правил использования результатов аэрокосмического мониторинга леса при государственной инвентаризации лесов;
- подготовка молодых специалистов по аэрокосмическому мониторингу леса.

Ускорить процесс роста конкурентоспособности на мировом рынке российских систем аэрокосмического мониторинга можно, если одновременно с улучшением их потребительских качеств (удобство, простота в эксплуатации и обслуживании, гарантированная надежность, хороший сервис и другие показатели) улучшить и их технические показатели за счет использования высококачественных снимков, полученных с зарубежных космических аппаратов. Для этого необходимо создание систем аэрокосмического мониторинга, использующих снимки, полученные как с отечественных космических аппаратов, так и с зарубежных. По мере того как снимки, полученные с отечественных космических аппаратов, по качеству будут сравниваться со снимками, полученными с зарубежных аппаратов, отечественные начнут замещать зарубежные.

Главный принцип ускоренного инновационного развития технологий в любой отрасли, в том числе и в области аэрокосмического мониторинга леса, заключается в максимально полном и эффективном использовании отечественного и мирового опыта. По этому пути развития идут многие отечественные организации: в области аэрокосмического мониторинга (в том числе и леса) достигнуты внушительные результаты нашими лидерами – компаниями Совзонд и СканЭкс.

В настоящее время вопросами развития технологий аэрокосмического монито-

ринга природных ресурсов (и лесных в том числе) занимаются многие организации: институты РАН, организации Роскосмоса, НИИ и предприятия соответствующих отраслей и профильные вузы. Однако в каждой отрасли, использующей результаты аэрокосмического мониторинга, должна быть единственная главная организация, отвечающая за решение проблемы в целом, за организацию и координацию тех работ, реализация которых позволит решить поставленную задачу вывода отечественных технологий аэрокосмического мониторинга на лидирующие позиции на мировом рынке этих услуг и одновременно сделать эти технологии высокоэффективными. Такой организацией для лесной отрасли должен стать создаваемый объединенный национальный исследовательский центр «Технологии аэрокосмического мониторинга леса».

Функции, структура и задачи объединенного национального исследовательского центра «Технологии аэрокосмического мониторинга леса».

Центр для достижения установленных целей реализует следующие основные функции:

1) получение новых научных знаний в области технологий аэрокосмического мониторинга леса и использование их в интересах лесного хозяйства и защиты окружающей среды, а также подготовка научных работников в области технологий аэрокосмического мониторинга леса;

2) проведение полного инновационного цикла научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области технологий аэрокосмического мониторинга леса, включая создание промышленных образцов аппаратно-программных комплексов и систем;

3) разработка и научное сопровождение внедрения новых технологий аэрокосмического мониторинга леса;

4) участие в формировании государственной научно-технической политики в области технологий аэрокосмического мониторинга леса;

5) обеспечение вовлечения результатов интеллектуальной деятельности в облас-

ти технологий аэрокосмического мониторинга леса в гражданский оборот;

6) участие в осуществлении прогнозирования научно-технологического развития Российской Федерации, в том числе в анализе использования организациями научно-технических результатов с учетом сроков освоения технологий, достигнутого технологического уровня, объема и технико-экономических показателей выпускаемой инновационной продукции, соответствующих производственных мощностей, парка используемого оборудования и его характеристик в области технологий аэрокосмического мониторинга леса;

7) развитие современных научно-исследовательской, технологической, инновационной и инженерной инфраструктур в области технологий аэрокосмического мониторинга леса;

8) участие в осуществлении научного и методического обеспечения координации проектов международного научно-технического сотрудничества в области технологий аэрокосмического мониторинга леса;

9) участие от имени Российской Федерации в реализации международных проектов в области технологий аэрокосмического мониторинга леса.

В состав объединенного национального исследовательского центра «Технологии аэрокосмического мониторинга леса» (НИЦ ТАМЛ) входят четыре отделения: научно-исследовательское, опытно-конструкторское, инвестиционно-коммерческое и научно-образовательное. Структура и состав каждого отделения зависят от решаемых ими задач.

Структура и задачи научно-исследовательского отделения

В состав научно-исследовательского отделения входят следующие центры:

– Центр стратегического развития ТАМЛ (задачи: анализ мирового опыта и выявление трендов развития ТАМЛ; выбор путей стратегического развития ТАМЛ; разработка целевых программ и программных мероприятий развития ТАМЛ);

– Центр трансферта и разработок перспективных ТАМЛ (задачи: разработ-

ка прорывных ТАМЛ, гиперспектральных, радиолокационных, комплексных сенсоров сверхвысокого разрешения и др.; исследование эффективности и внедрение запатентованных ранее или опубликованных ТАМЛ);

– Центр развития систем калибровки, валидации и сертификации ТАМЛ (задачи: разработка и развитие автоматизированной системы калибровки, валидации и сертификации ТАМЛ; разработка и развитие автоматизированных дистанционных методов таксации с использованием БПЛА; разработка международной системы сертификации ТАМЛ);

– Центр разработки и развития инфраструктуры ГЛОМАС-ЛЕС (задачи: разработка общей структуры ГЛОМАС-ЛЕС; интеграция системы ГЛОМАС-ЛЕС в объединенную всеотраслевую систему ГЛОМАС; разработка и развитие системы интерфейсов между ГЛОМАС-ЛЕС и ЕАИС-ЛХ).

Структура и задачи опытно-конструкторского отделения

В состав опытно-конструкторского отделения входят следующие центры:

– Опытно-конструкторское бюро систем аэрокосмического мониторинга леса (задачи: разработка промышленной версии программ систем аэрокосмического мониторинга леса; комплексирование программ систем аэрокосмического мониторинга леса в систему ГЛОМАС-ЛЕС);

– Центр испытаний и сертификации систем аэрокосмического мониторинга леса (задачи: испытания систем аэрокосмического мониторинга леса; сертификация систем аэрокосмического мониторинга леса; исследование эффективности систем аэрокосмического мониторинга леса);

– Центр патентных исследований и патентования предложенных принципов построения ТАМЛ (задачи: патентные исследования в области систем аэрокосмического мониторинга леса; патентование предложенных принципов построения систем аэрокосмического мониторинга леса);

– Центр внедрения и поддержки систем аэрокосмического мониторинга леса (задачи: разработка технологий дистанционных

методов внедрения и поддержки систем аэрокосмического мониторинга леса; внедрение и поддержка систем аэрокосмического мониторинга леса).

Структура и задачи инвестиционно-коммерческого отделения

В состав инвестиционно-коммерческого отделения входят следующие центры:

– Центр проблем инвестирования в технологии аэрокосмического мониторинга леса (задачи: решение экономических и правовых вопросов частного и государственного инвестирования в технологии аэрокосмического мониторинга леса; разработка мероприятий по развитию рынка в области ТАМЛ);

– Центр коммерциализации НИОКР в области ТАМЛ (задачи: создание бизнес-инкубатора малых предприятий в области ТАМЛ; создание бизнес-центра в области ТАМЛ; создание инвест-центра в области ТАМЛ);

– Центр диверсификации технологий аэрокосмического мониторинга леса (задачи: развитие методов аэрокосмического мониторинга для решения задач регионального характера; развитие методов аэрокосмического мониторинга для решения задач коммерческих организаций);

– Центр развития технопарков аэрокосмического мониторинга леса (задачи: создание и развитие сети технопарков аэрокосмического мониторинга леса в регионах РФ; создание и развитие технопарка аэрокосмического мониторинга леса в Центральном регионе РФ).

Структура и задачи научно-образовательного отделения.

В состав научно-образовательного отделения входят следующие центры:

– Центр стратегического развития образования в области ТАМЛ (задачи: анализ мирового опыта и выявление трендов развития образования в области ТАМЛ; выбор путей стратегического развития образования в области ТАМЛ; разработка целевых программ и программных мероприятий развития образования в области ТАМЛ);

– Центр сбора, хранения и распространения мировых знаний в области ТАМЛ (задачи: создание электронной библиотеки литературы по ТАМЛ; создание электронной библиотеки патентов по ТАМЛ; создание электронной библиотеки программ по ТАМЛ; создание электронного журнала по ТАМЛ);

– Центр развития болонской системы образования в области ТАМЛ (задачи: создание в МГУЛ экспериментального исследовательского факультета ТАМЛ (комплекс систем: система ФИЗТЕХА и болонская система); создание центра дистанционного образования в области ТАМЛ);

– Центр развития профессионального образования всех уровней в области ТАМЛ (задачи: создание в МГУЛ профессионально-технической школы и колледжа аэрокосмического мониторинга леса; создание в МГУЛ центра подготовки специалистов высшей квалификации в области ТАМЛ путем оказания методической помощи в подготовке докторских и кандидатских диссертаций).

Инновационная форма реальной интеграции науки, производства и образования в целях ускоренного развития технологий аэрокосмического мониторинга леса.

Решение сложных задач ускоренного развития технологий аэрокосмического мониторинга леса требует глубокой, широкомасштабной и реальной интеграции науки, производства и образования. Структура и состав задач объединенного национального исследовательского центра «Технологии аэрокосмического мониторинга леса» естественным образом обеспечивают эту интеграцию. Для более масштабной связи науки, производства и образования требуется расширить и углубить сотрудничество вузов и предприятий отрасли. Такое сотрудничество можно реализовать путем привлечения профильных вузов и предприятий отрасли к работе в объединенном национальном исследовательском центре «Технологии аэрокосмического мониторинга леса» на ассоциативной основе.

По итогам совещания по вопросам развития лесного хозяйства, состоявшегося 8 сентября 2010 г., Министерству образования и науки совместно с Федеральным

агентством лесного хозяйства было поручено в целях улучшения качества подготовки специалистов в области лесного хозяйства представить предложения по созданию на базе научно-исследовательских организаций и учебных заведений лесного хозяйства объединений по подготовке и повышению квалификации кадров [3].

Минобрнауки считает целесообразным для решения проблемы улучшения качества подготовки специалистов в области лесного хозяйства создать на ассоциативной основе на базе Московского государственного университета леса Национальный центр развития лесного комплекса, объединив распределенные по регионам России образовательные учреждения высшего и среднего профессионального образования и сформировав на их базе ресурсные центры, обеспечивающие доступ к образовательным, научным ресурсам, уникальному оборудованию, а также подготовку и повышение квалификации кадров в области лесного хозяйства.

Создаваемый объединенный национальный исследовательский центр «Технологии аэрокосмического мониторинга леса» мог бы войти в состав такого Национального центра развития лесного комплекса. В качестве ассоциативных членов объединенного национального исследовательского центра могут выступить организации Рослесхоза. В настоящее время действует соглашение о сотрудничестве (стратегическом партнерстве) между Московским государственным университетом леса и ФГУП «Рослесинфорг» (г. Мытищи от 11 мая 2011 г.) как в области подготовки кадров, так и в научно-исследовательской деятельности, поэтому все вопросы создания объединенного национального исследовательского центра будут решаться совместно. При создании такого центра необходимо учесть требования кадрового обеспечения лесного комплекса России в условиях современного этапа развития международных рыночных отношений [4].

В работе показано, что для обеспечения инновационного развития технологий аэрокосмического мониторинга леса в России имеются все необходимые условия: наличие гарантированного инвестирования в работы

по развитию технологий аэрокосмического мониторинга леса, наличие гарантированных потребностей в результатах такой инновационной деятельности, наличие интеллектуального потенциала для разработки инновационных принципов построения развиваемых технологий, наличие развитой технической базы для реализации инновационного пути развития технологий аэрокосмического мониторинга леса.

В работе показано также, что в каждой отрасли, использующей результаты аэрокосмического мониторинга, должна быть организация, отвечающая за решение проблемы в целом, за организацию и координацию работ, реализация которых позволит решить поставленную задачу вывода отечественных технологий аэрокосмического мониторинга на лидирующие позиции мире. Такой организацией для лесной отрасли должен стать создаваемый объединенный национальный исследовательский центр «Технологии аэрокосмического мониторинга леса».

В работе показано, что решение сложных задач ускоренного развития технологий аэрокосмического мониторинга леса требует глубокой, широкомасштабной и реальной интеграции науки, производства и образования. Для масштабной связи науки, производства и образования требуется расширить и углубить сотрудничество вузов и предприятий отрасли. Такое сотрудничество можно реализо-

вать путем привлечения профильных вузов и предприятий отрасли к работе в объединенном национальном исследовательском центре «Технологии аэрокосмического мониторинга леса» на ассоциативной основе.

Библиографический список

1. Санаев, В.Г. Ускоренное инновационное развитие технологий аэрокосмического мониторинга леса средствами российской космической системы ДЗЗ и вывод их на лидирующие позиции в мире: решение проблемы / В.Г. Санаев, И.М. Степанов, В.И. Запруднов и др. // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2012. – № 4(87).
2. Санаев, В.Г., Анфимов Н.А., Запруднов В. И., Степанов И.М., Галкин Ю.С. и др. Создание глобальной сети аэрокосмического мониторинга леса – прорыв в науке, производстве и образовании. Доклад на Международной конференции, 2–4 февраля 2009 г. (ЦУП – г. Королев, МГУЛ – г.Мытищи; www.mgul.ac.ru/info/science/conf/tam12010/archive.shtml).
3. Об исполнении поручения Президента о создании объединений по подготовке и повышению квалификации кадров в области лесного хозяйства. Официальный сайт Президента РФ, 23 августа 2011 г., 12:00.
4. Щербаков, Е.Н. Кадровое обеспечение лесного комплекса России в условиях современного этапа развития международных рыночных отношений. Доклад на заседании секции «Мировой опыт подготовки кадров и социального партнерства в лесном секторе в условиях современного этапа развития рыночных отношений» в рамках работы VI Международного форума «Лес и человек», 22 октября 2012 г. (Экспоцентр, г. Москва).

РАСЧЕТ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ БЕЗАБЕРРАЦИОННОЙ ОПТИКИ И ИДЕАЛЬНОЙ СРЕДЫ

В.П. ДМИТРИЕВ, *проф. Московского института электроники и математики, д-р техн. наук, академик международной Академии информатизации,*
Г.Л. ЯКОПОВ, *асп. МИЭМ*

На рисунке в схематичном виде представлен тракт открытой оптической приемопередающей системы.

Условные обозначения:

ИИ – источник излучения – оптический передатчик. В данном случае ИК-из-

vdmित्रiev@hse.ru, gl.yakopov@gmail.com

лучающий диод с длиной волны излучения $\lambda = 0,85 \div 0,87$ мкм;

$L_{пер}$ – линза оптического передатчика;

$O_{ср}$ – оптическая среда;

$OС_{пер}$ – оптическая система передатчика (ИИ + $L_{пер}$);

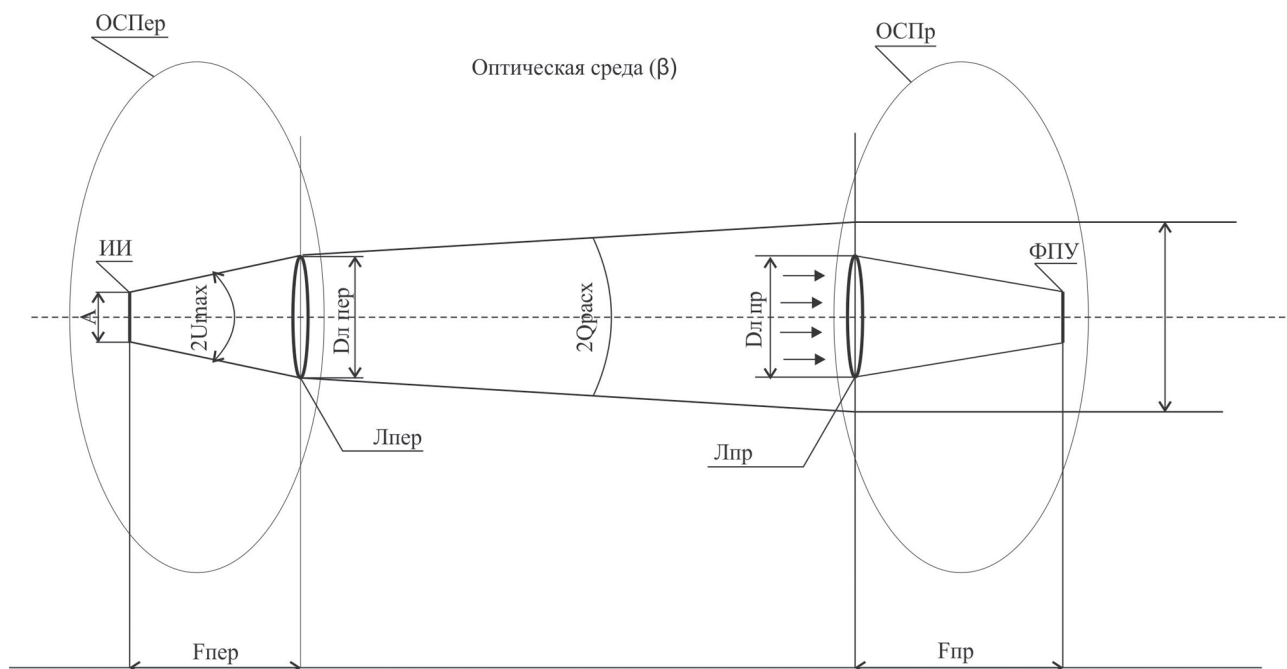


Рисунок. Тракт открытой оптической прямо-передающей системы

- $L_{пр}$ – линза оптического приемника;
- ФПУ – фотоприемное устройство (S_i – фотоприемник + ФП + усилитель-формирователь);
- ОС_{пр} – оптическая система фотоприемника ($L_{пр}$ + ФПУ).

На передающей стороне может быть несколько параллельно работающих ОС_{пер}. В частном случае это может быть матрица излучателей и матрица линз, конструктивно оформленные как единый блок.

В расчете приняты следующие обозначения:

- $P_{ии}$ – мощность, излучаемая передатчиком, Вт;
- $P_{пр}$ – мощность, попадающая на фотоприемник, Вт;
- A – размер источника излучения;
- $S_{ии}$ – площадь источника излучения;
- D – диаметр линзы передатчика;
- S – площадь линзы передатчика;
- F – фокусное расстояние линзы передатчика;
- $2U_{max}$ – линейный угол излучения источника излучения;
- $D_{пр}$ – диаметр линзы оптического приемника, м;
- $S_{пр}$ – площадь линзы оптического приемника, м²;

- L – расстояние между передатчиком и приемником;
- β_{cp} – затухание в среде, дБ/км.

Расчет оптической системы сводится к определению доли излучаемой ИИ мощности, попадающей на ФП. Очевидно, чем эта доля больше, тем эффективнее передача оптического сигнала. В соответствии с законами геометрической оптики максимально возможное соотношение между $P_{пер}$ и $P_{пр}$ для безаберрационной оптической системы выглядит следующим образом [1]

$$P_{пр. max} = \frac{1}{4} \left(\frac{D_{пер} \cdot D_{пр}}{L \cdot U_{max} \cdot A} \right)^2 \cdot 10^{\frac{-\beta L}{10}} \quad (1)$$

При прозрачной, непоглощающей атмосфере $\beta=0$.

Соотношение (1) можно привести к виду

$$P_{пр. max} = \left(\frac{P_{ии}}{S_{ии} \cdot U_{max}} \right) \cdot \left(\frac{S_{пер} \cdot S_{пр}}{L^2} \right) \cdot 10^{\frac{-\beta L}{10}}, \quad (2)$$

здесь

$$\frac{P_{ии}}{S_{ии} \cdot U_{max}} = B_{ии}$$

– энергетическая яркость активного элемента оптической системы. Это фундаментальная характеристика источника излучения. Второй множитель характеризует

пассивные элементы оптической системы и среду.

Для того чтобы реализовать получение $P_{пр,max}$ в соответствии с (1), даже при безабберационной оптике и абсолютно прозрачной среде необходим правильный выбор параметров оптической системы с учетом конкретных параметров ее активных и пассивных элементов. С этой целью был проведен машинный расчет для двух конструктивных вариантов передающей части ОС.

Вариант 1. Источник излучения – одиночный кристалл излучающего диода; оптическая система: передающая часть – одиночный объектив; приемная часть – одиночный объектив.

Вариант 2. Источник излучения – матрица излучающих диодов (4 x 4); оптическая система: передающая часть – матрица объективов (4 x 4); приемная часть – также одиночный объектив.

Вариант оптической матрицы рассматривался как наиболее привлекательный с точки зрения его компактности и относительно низкой стоимости.

При расчете использовались следующие параметры конструктивных элементов ОС: $A = 0,4$ мм; $D_{пер} = 0,1$ м; ($S_{пер} = 7,85 \cdot 10^{-3}$ м²). Для варианта матричного излучателя $D_{пер}$ – внешний размер матрицы линз. $D_{пр} > 0,12$ м; ($S_{пр} = 1,13 \cdot 10^{-3}$ м²); $2U_{max} = 120^\circ$; $L = 1,0$ км; $P_{ии}$ = мощность одного излучающего элемента. Для матрицы 4x4: $P_{ии\ матр.} = P_{ии} \cdot 16$.

Алгоритм поэтапного расчета включает промежуточные параметры, не входящие в соотношение (1), но позволяющие оценить степень приближения параметров реальной конструкции ОС к наилучшему результату, даваемому этим соотношением. Эти параметры будут поясняться по ходу описания алгоритма расчета.

Описание алгоритма расчета.

1. Определение доли полного светового потока ($A_{охв}$) источника излучения, которая охватывается линзой приемника.

1.1. Определяем угол охвата линзы передатчика

$$U_{охв} = \arctg\left(\frac{D_{пер}}{2F_{пер}}\right). \quad (3)$$

1.2. В общем случае для данной пространственной формы фотометрического тела или индикатрисы ИК-кр. коэффициент $A_{охв}$ можно определить путем численного интегрирования. Это интегрирование надо выполнить по телесному углу, ограниченному диаметром линзы передатчика. Для расчета необходимо знать $U_{охв}$ (п. 1.1). В частных случаях для коэффициента $A_{охв}$ можно получить аналитические формулы: при равномерной индикатрисе ИК-кр.

$$A_{охв} = (U_{охв} / U_{max})^2;$$

при гауссовой индикатрисе

$$A_{охв} = 1 - e^{-\left(\frac{U_{охв}}{U_{max}}\right)^2}. \quad (4)$$

2. Определение доли светового потока ($A_{пр}$), которая перехватывается линзой приемника, удаленной на расстояние L .

Зная индикатрису силы излучения, сформированного линзой передатчика, $A_{пр}$ можно также определить путем численного интегрирования. Это интегрирование легче выполнить в плоскости линзы приемника. Для идеального случая (безабберационная оптика, Ламбертовский излучатель и т. п.) эта индикатриса равномерна.

Тогда

$$A_{пр} = (D_{пнт} / D_{пр})^2, \quad (5)$$

где $D_{пнт}$ – диаметр светового пятна.

$$D_{пнт} = L \cdot Q_{расх}.$$

Угловая расходимость ($Q_{расх}$) определяется формулой элементарной геометрии $Q_{расх} = A/F$. Если $D_{пнт} < D_{пр}$, то $A_{пр} = 1$.

3. Определение отношения $P_{пр}/P_{ии}$. Отношение $P_{пр}/P_{ии}$ определяется как геометрическая сумма потерь излучения во всех элементах оптической системы. Для матричной ОС $P_{пр}/P_{ии}$ умножается на количество элементов в матрице. Для идеальной безабберационной оптики на трассе длиной в 1 км (затухание β сигнала в атмосфере при данном расчете принято равным «0») это отношение не более $0,2 \cdot 10^{-3}$. При применении реальных элементов в каждом конкретном случае построения системы связи это отношение может лишь уменьшиться, а при неудачном выборе фокусного расстояния и других параметров линз передатчика и приемника может снизиться весьма существенно.

Тактико-технические данные устройства

Наименование параметра	Усл. обозн.	Значение
Максимальное расстояние между передатчиком и приемником	L_{max}	400 м
Оптический персдатаис		ИК излучающий диод
Линейный угол излучения источника излучения	$2 U_{max}$	120°–2.1 рад
Размер источника излучения	A	$0,6 \cdot 10^{-3}$ м
Фотоприемный элемент		p–i–n ИК фотодиод
Пороговая чувствительность	$P_{пор}$	–42 дБм
Скорость приемо-передачи	$V_{инф}$	10 Мбит/сек
Функциональная надежность системы, не менее		0,99
Габариты одного приемо-передающего модуля, не более		(20x13x20)см

Т а б л и ц а 2

Параметры элементов оптической системы

Наименование параметра	Усл. Обозн.	Значение
Диаметр линзы оптического передатчика	$D_{пер}$	0,080 м
Диаметр линзы приемника	$D_{пр}$	0,080 м
Фокусное расстояние линзы передатчика	F	0,160 м

Расчет однолинзовой оптической системы передатчика.

Из геометрической оптики известно, что если в одном из фокусов $S1$ выпуклой линзы поместить предмет высотой $H1$, то в противоположном фокусе $S2$ линзы на экране будет изображение этого предмета в перевернутом виде высотой H .

В нашем случае $H1$ – размер кристалла светодиода, $H2$ размер освещенного пятна, а $S2$ расстояние от передатчика до приемника (база). Если расстояние $S2$ очень большое, то $S1$ стремится к главному фокусу линзы. Поскольку углы $\phi_1 = \phi_2$ то зерно соотношение $H2/H1 = S2/S1$. Отсюда размер пятна определяется формулой $H2 = (H1 \cdot S2)/S1$. Размер кристалла и база величины неизменяемые, регулировать размер пятна можно подбором фокусного расстояния.

Отсюда вывод: чтобы уменьшить размер пятна, надо брать линзу как можно более длиннофокусную.

Но увеличение фокусного расстояния ограничено углом расхождения луча светодиода. Если F слишком большое, то луч будет выходить за края линзы и будут большие потери световой энергии.

Линза должна быть с фокусным расстоянием

$$F = D / (2 \cdot \tan(\phi / 2)).$$

где D – диаметр линзы;

ϕ – угол расхождения луча светодиода.

Отсюда 2 пути увеличения расстояния F : 1 – брать светодиод с более узким лучом, 2 – брать линзу большего диаметра.

Посчитаем, что получилось.

Для ИК светодиода с углом $\phi = 30^\circ$ и линзы $D = 100$ мм.

– фокус: $F = 100 / (2 \cdot \tan 15^\circ) = 187$ мм = $= 0,187$ м = $S1$

– размер кристалла светодиода: $H1 = 1$ мм = $0,001$ м

– размер пятна на 500м: $H2 = 0,001 \cdot 500 / 0,187 = 2,7$ м, на 1000м: $H2 = 5,4$ м

Для Ронховского Суперфлюкс светодиода с углом $\phi = 20^\circ$ и линзы $D = 90$ мм.

– фокус: $F = 90 / (2 \cdot \tan 10^\circ) = 255$ мм = $= 0,255$ м

– размер пятна на 500 м: $H2 = 0,001 \cdot 500 / 0,255 = 2$ м, на 1000 м: $H2 = 4$ м

Для линзы $D = 130$ мм фокус: $F = 130 / (2 \cdot \tan 10^\circ) = 368$ мм = $0,368$ м – размер пятна на 500 м: $H2 = 0,001 \cdot 500 / 0,368 = 1,4$ м, на 1000 м: $H2 = 7$ м.

Это касается идеальных параметров. Что же на самом деле?

Расчет параметров ОАК с малой дистанцией.

Далее будет представлен предварительный расчет энергетических и оптико-механических технических данных ОАК с малой дистанцией.

Исходя из рис. 1 и формулы 1, имеем: множитель $10^{-\beta L/10}$ представляет собой долю потерь мощности излучения в среде.

Обозначим эту долю как $K_\beta = 10^{-\beta L/10}$.

При прозрачной непоглощающей среде $\beta = 0$ и $K_\beta = 1$.

Подсчитаем $P_{np} / P_{ин}$ при $K_\beta = 1$.

Примем в качестве исходных следующие тактико-технические данные устройства.

Дополнительно выберем параметры элементов оптической системы, ограниченный ее габаритами.

Подставляя данные из табл. 1 и 2 в формулу (1), получим для полностью прозрачной атмосферы

$$\frac{P_{np}}{P_{ин}} = \frac{1}{4} \left(\frac{8 \cdot 10^{-2} \cdot 8 \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 10^2 \cdot 1.05 \cdot 0.6 \cdot 10^{-3}} \right)^2 = 1.6 \cdot 10^{-4}. \quad (6)$$

В логарифмических единицах ослабления сигнала при $\beta = 0$ составит величину

$$B(\beta = 0) = 10 \cdot \lg(P_{np} / P_{ин}) = 10 \cdot \lg 1,6 \cdot 10^{-4} = -38 \text{ дБ}. \quad (7)$$

По данным наблюдений на широте г. Москвы, затухание оптического сигнала в ИК-диапазоне с $\lambda = 0,9$ мкм с достоверностью 0,99 не превышает 60 дБ/км.

Для дистанции $L = 0,4$ км это затухание не превысит величины

$$B(\beta = 60) = \beta \cdot L = -60 \cdot 0,4 = -24 \text{ дБ}. \quad (8)$$

Суммируя это значение с ($\beta = 0$), получим значение общего ослабления сигнала оптического излучения

$$B_\Sigma = B(\beta = 0) + B(\beta = 60) = -(38+24) = -62 \text{ дБ}. \quad (9)$$

Таким образом, для надежной связи соотношение между оптической мощностью ($P_{ин}$) излучателя и пороговой мощностью ($P_{пор}$) фотоприемного устройства должно быть не менее этой величины.

Библиографический список

1. Дмитриев, В.П. Оптоэлектронные приборы, системы и сети / В.П. Дмитриев, В.Н. Гридин.
2. Дмитриев, В.П. Качество функционирования оптоэлектронного атмосферного канала / В.П. Дмитриев // Вестник МГУЛ – Лесной вестник – 2010. – № 2(72).

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ СИСТЕМНОГО СРАВНИТЕЛЬНОГО ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПО КРИТЕРИЮ «ЗАТРАТЫ–ЭФФЕКТИВНОСТЬ» АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ ОБУСТРОЙСТВА ЛЕСНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В.С. СУХАНОВ, генеральный директор ООО «ГНЦ ЛПК ТЭ», член-корр. РАЕН, руководитель НИР, д-р техн. наук,

А.Б. ЛЕВИН, проф., заместитель генерального директора ООО «ГНЦ ЛПК ТЭ», канд. техн. наук,

В.В. НИКИТИН, проф., вед. н. с. ООО «ГНЦ ЛПК ТЭ», канд. техн. наук,

В.В. КАШУБА, вед. н. с. ООО «ГНЦ ЛПК ТЭ», канд. экон. наук,

Д.В. ШЕРЕМЕТЬЕВ, н. с. ООО «ГНЦ ЛПК ТЭ»

И.С. НОВОСЕЛОВ, н. с. ООО «ГНЦ ЛПК ТЭ»

gnc1pkte@mail.ru

Обеспеченность лесными дорогами в России всегда была значительно ниже, чем в лесоиндустриально развитых странах. В настоящее время ситуация усугубляется тем, что в течение последних 20 лет новые лесные дороги в стране практически не строились. Так в 90-е гг. в Вологодской области

на 1 млн м³ заготовленной древесины строилось 33,8 км дорог круглогодичного действия, а в 2010 г. на 1 млн м³ построено всего 6 км грунтовых дорог. В период 1986–1990 гг. объем перевозки древесины по узкоколейным железным дорогам (УЖД) достигал более 22 млн м³, что составляло 10–12 % от общего

объема заготавливаемой древесины, а в настоящее время практически не используется. Предприятия с объемом заготовки древесины более 50 тыс. м³, которые имеют экономические возможности строить лесовозные дороги, составляют лишь 7 % их общего количества, а подавляющее большинство предприятий не в состоянии развивать лесную транспортную инфраструктуру [1].

Дальнейшая лесозаготовка и тем более наращивание объемов лесозаготовок без строительства новых лесовозных дорог практически невозможны. Слабое развитие лесодорожной сети сдерживает освоение новых лесных массивов, без которого невозможно выполнение мероприятий по глубокой переработке древесины, намеченных Стратегией развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 г. Поэтому сейчас крайне актуальна разработка методики выбора наиболее экономически эффективных вариантов обустройства лесной транспортной инфраструктуры.

С целью разработки оптимальных решений, направленных на увеличение транспортной доступности лесных ресурсов, ООО «Головной научный центр лесопромышленного комплекса по технологиям и энергетике» (ООО «ГНЦ ЛПК ТЭ», г. Москва) по контракту с Минпромторгом России в качестве головного исполнителя разработало математическую модель системного сравнительного технико-экономического анализа по критерию «Затраты–эффективность» альтернативных вариантов обустройства лесной транспортной инфраструктуры. В работе в качестве соисполнителей приняли участие также ФГУП «ГНЦ ЛПК», Ассоциация «Рослесмаш» и ООО «Агентство экономического моделирования и прогнозирования». Модель предусматривает сравнение вариантов обустройства лесной транспортной инфраструктуры с использованием автомобильного, железнодорожного и авиационно-гибридного транспорта с целью выбора наиболее экономически эффективного.

Программа разработана в среде *Microsoft Excel* с использованием языка программирования *Visual Basic for Application* и

располагает возможностями для дальнейшего развития и совершенствования.

На стадии планирования освоения лесного участка Модель помогает пользователям выбрать экономически выгодный вариант транспорта леса. В качестве пользователя может выступать широкий круг лиц: арендаторы леса, инвесторы, проектные организации, федеральные, региональные и местные органы управления лесами. Модель может быть использована для обоснования выбора варианта обустройства лесной транспортной инфраструктуры как отдельного арендованного участка, так и лесничества или лесной территории.

Исходные данные для технико-экономических расчетов эффективности транспортной инфраструктуры в Модели образуют две группы: экзогенные параметры – характеристики территории и лесных насаждений, общие для всех вариантов лесной транспортной инфраструктуры, и эндогенные параметры – характеристики конкретного варианта инфраструктуры и используемых транспортных средств.

Экзогенные параметры

- наименование субъекта Российской Федерации;
- наименование административного района субъекта федерации;
- лесничество;
- наименование арендатора;
- регистрационный номер арендованного участка лесного фонда;
- срок аренды, годы;
- площадь участка, га;
- общий запас древесины, тыс. м³;
- разрешенный годичный объем лесопользования (расчетная лесосека), тыс. м³;
- средний за срок аренды коэффициент использования разрешенного отпуска леса, в долях единицы;
- категория местности;
- категория грунтов;
- районный коэффициент по оплате труда.

Эндогенные параметры

- нормы протяженности усов, веток и магистралей в зависимости от расстояния трелевки и расстояния между ветками;

- вид транспортных коммуникаций: автомобильная (с указанием ширины и типа покрытия дорог), УЖД, авиационная;

- вид средств лесовозного транспорта (с указанием вида и марки);

- среднее расстояние вывозки, км;

- коэффициент спрямления среднего расстояния вывозки (для вариантов применения воздушных средств транспорта), в долях единицы.

Выходные данные сравнительных технико-экономических расчетов различных вариантов формирования лесной транспортной инфраструктуры включают:

- удельные и суммарные капитальные вложения (инвестиционные затраты) на строительство транспортных коммуникаций (дорог, трасс движения), руб./м³, тыс. руб.;

- удельные и суммарные капитальные вложения (инвестиционные затраты) на приобретение машин и механизмов для текущего содержания транспортных коммуникаций, руб./м³, тыс. руб.;

- удельные и суммарные капитальные вложения (инвестиционные затраты) на приобретение транспортных средств для вывозки древесины, руб./м³, тыс. руб.;

- удельные и суммарные затраты (себестоимость) на текущее содержание транспортных коммуникаций (дорог), руб./м³, тыс. руб.;

- удельные и суммарные затраты на транспортировку (вывозку) заготавливаемой древесины, руб./м³, тыс. руб.

- удельный и суммарный чистый доход от замены одного варианта формирования лесной транспортной инфраструктуры другим (другими) альтернативным, руб./м³, тыс. руб.;

- индекс доходности альтернативных вариантов.

Модель позволяет выполнять сравнение вывозки древесины автомобильным транспортом (по 7 типам дорожных покрытий и с 5 вариантами лесовозных автопоездов), вывозки по УЖД и вывозки воздушным лесовозным транспортом (2 варианта вертолетов, 2 варианта дирижаблей, 5 вариантов гибридных летательных аппаратов).

Сравнение альтернативных вариантов обустройства лесной транспортной инфраструктуры и выбор лучшего варианта производится с использованием показателей:

- чистый доход (экономический эффект);

- индекс доходности (коэффициент эффективности).

По каждому из альтернативных вариантов при заданных значениях экзогенных параметров, одинаковых для всех вариантов, проводятся расчеты по определению затрат:

- на создание транспортных коммуникаций;

- на эксплуатацию и содержание транспортных коммуникаций;

- на транспортную работу по доставке заготавливаемой древесины в пункты примыкания.

Чистый доход определяется сравнением альтернативного варианта формирования лесной транспортной инфраструктуры с базисным.

Чистый доход (ЧД) вычисляется по формуле

$$ЧД = \sum_{t=0}^T (R-Z) \cdot Q - \sum_{t=0}^T K, \quad (1)$$

где T – горизонт расчета, год;

R – удельная стоимость вывозки древесины в базисном варианте лесной транспортной инфраструктуры, руб./м³;

Z – удельная стоимость вывозки древесины при применении альтернативного варианта лесной транспортной инфраструктуры без учета амортизационных отчислений, руб./м³;

Q – объем заготовленной и вывезенной древесины за период срока аренды T , тыс. м³;

K – инвестиции, необходимые для создания лесной транспортной инфраструктуры по альтернативному варианту, тыс. руб.

Индекс доходности (ИД) вычисляется по формуле

$$ИД = \sum_{t=0}^T (R-Z) \cdot \frac{Q}{\sum_{t=0}^T K}. \quad (2)$$

Если индекс доходности больше 1 – значит альтернативный вариант эффективнее

Стоимость строительства автомобильных дорог

Лесовозная дорога с дорожным покрытием	Ширина земляного полотна, м				
	12,0	10,5	8,5	5,5	5,0
Стоимость строительства 1 км лесовозной дороги, тыс. руб.					
Асфальтобетонное	13583,0	–	–	–	–
Битумоминеральная смесь	–	8870,0	7665,0	–	–
Гравийное	–	3611,0	3035,0	2096,0	1947,0
Грунтогравийное	–	–	2318,0	1617,0	1482,0
Колейное железобетонное	–	8706,0	4631,0	3830,0	3753,0
Колейное из деревянных щитов	–	–	–	2259,0	2182,0
В том числе стоимость строительства земляного полотна, тыс. руб.					
	1910,0	1784,0	1473,0	979,0	902,0
В том числе стоимость дорожного покрытия, тыс. руб.					
Асфальтобетонное	11673,0	–	–	–	–
Битумоминеральная смесь	–	7086,0	6192,0	–	–
Гравийное	–	1827,0	1562,0	1117,0	1045,0
Грунтогравийное	–	–	845,0	638,0	580,0
Колейное железобетонное	–	6922,0	3158,0	2851,0	2851,0
Колейное из деревянных щитов	–	–	–	1280,0	1280,0

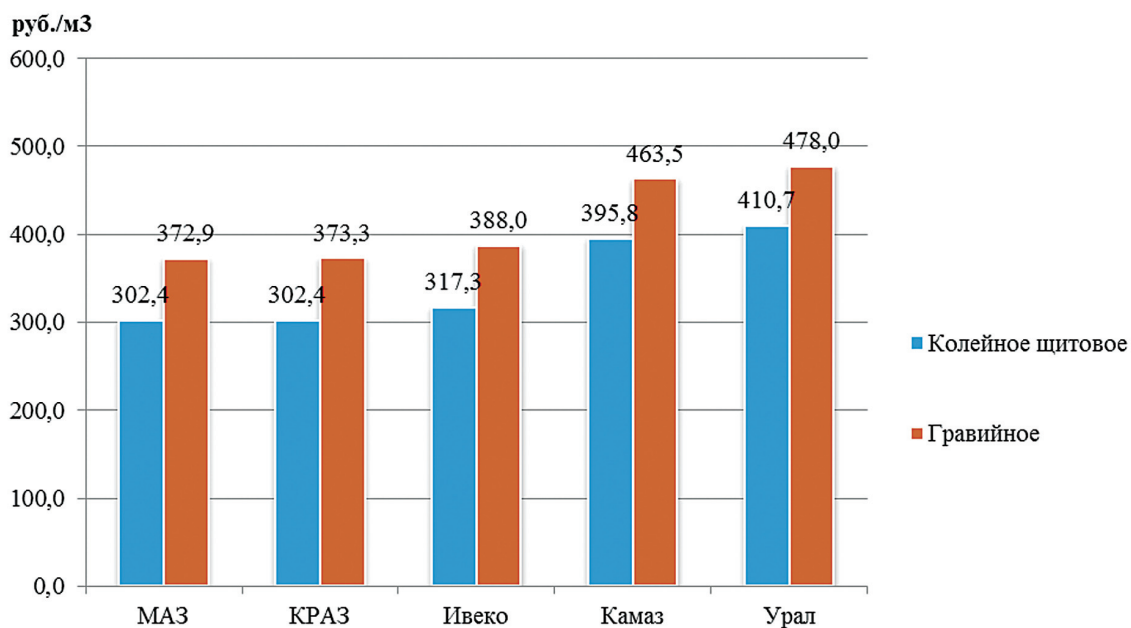


Рис. 1. Себестоимость вывозки древесины по дорогам с гравийным и колеевым покрытием из деревянных инвентарных щитов

базисного, если равен 1 – альтернативный вариант равноценен базисному и если меньше 1 – не эффективен по отношению к базисному.

Сравнительный технико-экономический анализ альтернативных вариантов обустройства лесной транспортной инфраструктуры осуществляется в соответствии с Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования [2].

Стоимость строительства лесовозных дорог различного конструктивного исполнения определена методом пересчета базисных цен, включенных в «Общесоюзные нормы технологического проектирования лесозаготовительных предприятий ОНТП 02-85» [3], с использованием индексов пересчета в цены текущего 2012 г. [4].

С использованием Модели было проведено исследование, целью которого было

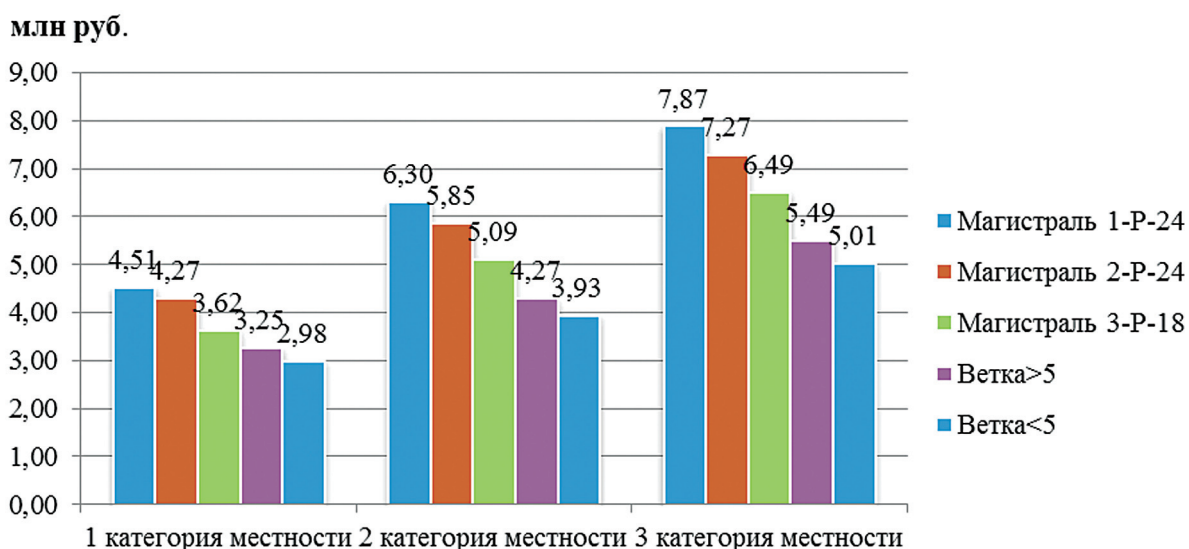


Рис. 2. Стоимость строительства 1 км УЖД (веток и магистралей) для различных категорий местности

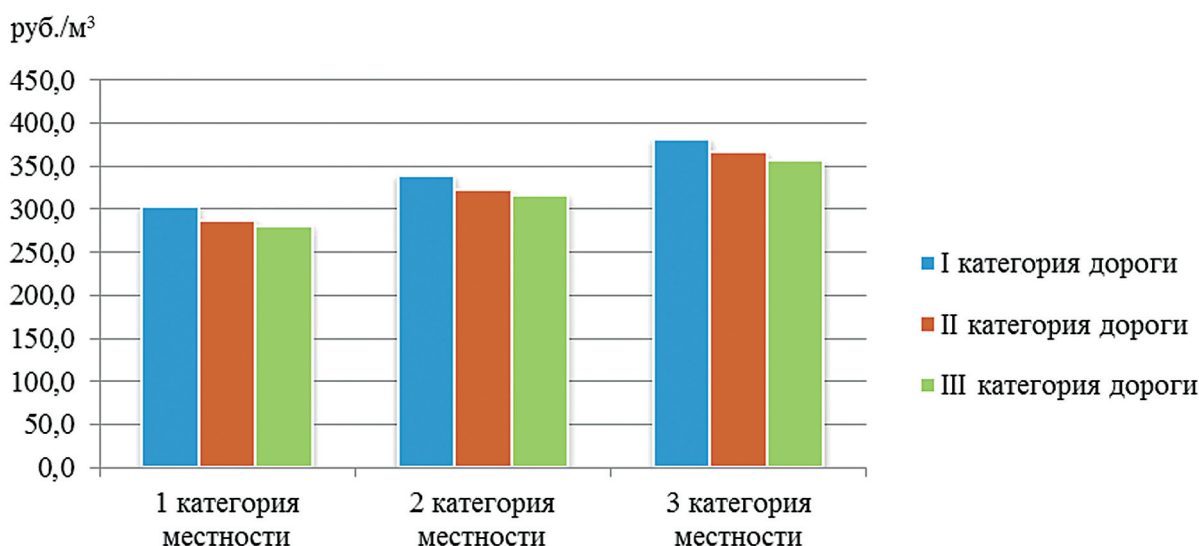


Рис. 3. Себестоимость вывозки древесины по УЖД (расстояние вывозки 60 км, руководящий подъем 10%)

проведение сравнительного анализа альтернативных вариантов лесной транспортной инфраструктуры на примере одного из регионов России. В качестве модельной территории для анализа была выбрана Вологодская область как один из наиболее лесоиндустриально развитых регионов страны.

Основные результаты сравнительного анализа представлены на рис. 1–3 и в табл. 1. В результате выполнения анализа было установлено, что экономически наиболее доступными для строительства являются грунтогравийные дороги, стоимость строительства 1 км которых колеблется от 1,5 до 1,6 млн руб. и дороги с колейным покрытием из деревянных щитов (около 2,2 млн руб./км). Себесто-

имость вывозки по дорогам с грунтогравийным и гравийным покрытиями практически одинаковы, поскольку при более низких затратах на строительство грунтогравийные дороги требуют больших затрат на их содержание. Себестоимость вывозки древесины по дорогам с гравийным и колейным покрытием из деревянных щитов представлена на рис. 1. Стоимость строительства лесных автодорог, рассчитанная по Модели для различных покрытий автодорог и ширины земляного полотна, представлена в таблице.

Сравнительный анализ показал, что стоимость строительства 1 км УЖД в зависимости от категории местности и категории дороги находится в диапазоне от 3,6 до 7,8

млн руб. для магистрали и от 3,0 до 5,5 млн руб. для ветки (рис. 2). Стоимость строительства ветки УЖД сопоставима со стоимостью строительства лесных автодорог с железобетонным покрытием.

Себестоимость вывозки древесины по УЖД в зависимости от категории дороги и типа местности находится в диапазоне от 280 до 380 руб./м³, что сравнимо с себестоимостью вывозки автомобильным транспортом (рис. 3).

Достоверность результатов расчетов, полученных по Модели, была проверена сравнением с реальными данными крупнейших лесопромышленных предприятий Вологодской области. Сопоставление результатов показало их высокую сходимость.

Функциональные возможности Модели были успешно продемонстрированы на заседании комиссии Министерства промышленности и торговли Российской Федерации 19 октября 2012 г. Работа получила положительную оценку.

Возможности программы весьма разнообразны и ограничиваются лишь теми задачами, которые ставит перед собой исследователь. Модель предполагает значительные усовершенствования с использованием дополнительного интегрируемого модуля, основанного на геоинформационных технологиях (ГИС-технологиях). ГИС-технологии позволят анализировать различные варианты размещения лесных дорог на конкретных участках лесного фонда, варианты транспортного освоения целых лесосырьевых районов, принимать решения по рациональному планированию, размещению, развитию сети лесных дорог и оценке транспортных и строительных затрат на оперативном, тактическом и стратегическом уровнях планирования лесозаготовительных процессов. При вводе исходных данных модуль позволит задавать следующие показатели по каждому субъекту Российской Федерации, на территории лесного фонда которого арендуется участок лесного фонда:

- площадь арендованного участка лесного фонда, тыс. га;
- общий запас на площади участка, тыс. м³;

- разрешенный объем лесопользования (расчетная лесосека), тыс. м³/год;

- средняя за срок аренды степень использования разрешенного объема лесопользования (расчетной лесосеки), в процентах (долях единицы);

- категория местности (1 – равнинная слабохолмистая, 2 – пересеченная, 3 – холмистая пересеченная и предгорная).

- категории грунтов (1 – сухие пески, каменистая почва; 2 – супесчаные почвы, мелкие суглинки; 3 – глинистые почвы, супеси с глинистыми прослойками; 4 – торфянисто-болотные, перегнойно-глеевые почвы)

Данные, полученные из модуля ГИС-технологий, должны быть интегрированы в Модель для количественной оценки и уточнения затрат и эффективности в сфере организации лесотранспортных и лесозаготовительных процессов.

Заключение

Как показали выполненные исследования, в современных условиях строительство лесовозных дорог является тяжелым бременем даже для крупных предприятий ЛПК. Актуальными являются предложения, направленные на снижение стоимости строительства дорог. Одним из таких предложений является строительство дорог с колейным покрытием из деревянных инвентарных щитов, которые в прошлом использовались для строительства лесовозных усов. Строительство лесовозных дорог с колейным покрытием из деревянных щитов – предложение ООО «ГНЦ ЛПК ТЭ». Предложение основано на том, что в недалеком прошлом специалисты считали перспективными дороги с колейным железобетонным покрытием. В 1988 г. таких дорог было построено 707 км. Широкое распространение лесовозных дорог с колейным железобетонным покрытием специалисты объясняли их следующими преимуществами перед другими типами покрытий:

- обеспечение круглогодичного движения современных тяжелых автопоездов с высокими скоростями;
- снижение себестоимости вывозки древесины по сравнению с гравийными дорогами в 1,5...2 раза;

– перенесение трудоемких работ на заводы ЖБИ и превращение строительных работ на дороге в монтажные, что обеспечивает снижение трудоемкости устройства покрытий на 35...50 %;

– возможность устройства покрытия из железобетонных плит в течение всего года.

Железобетонные дорожные плиты, созданные специально для лесовозных дорог, в настоящее время заводами ЖБИ не производятся. С учетом экономического положения лесозаготовительных предприятий как выход из положения в качестве переходной технологии при строительстве лесовозных дорог с твердым покрытием может быть использован опыт строительства лесовозных дорог с использованием инвентарных деревянных щитов, имеющих такие же размеры, как и железобетонные плиты, разработанные специально для лесовозных дорог. Расчеты показали, что дороги с колеиным покрытием являются экономически более доступными для их строительства. Деревянные щиты могут изготавливаться непосредственно на предприятиях ЛПК из собственного материала. Мы готовы оказать предприятиям помощь в разработке индустриальной технологии изготовления щитов, а

также технологии строительства лесовозных дорог с их использованием.

Библиографический список

1. НИР «Проведение системного сравнительного технико-экономического анализа по критерию «Затраты-эффективность» альтернативных вариантов обустройства лесной транспортной инфраструктуры на модельном примере территории лесного фонда региона с развитой лесной промышленностью», тема выполнена ООО «ГНЦ ЛПК ТЭ» по государственному контракту с Министерством промышленности и торговли Российской Федерации № 12411.0816900.19.091 от 17 апреля 2012 г.
2. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. Официальное издание. Утверждено: Госстрой России, Министерство экономики РФ, Министерство финансов РФ, Госкомпром России № 7 – 12/47 31 марта 1994 г. – М.: 1994. – 80 с.
3. Общесоюзные нормы технологического проектирования лесозаготовительных предприятий. ОНТП 02-85. Минлесбумпром СССР. Ленинград. 1986. – 232 с.
4. Письмо Минрегиона России от 01.08.2012 N 19899-ИП/08 «Об индексах изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ, индексах изменения сметной стоимости проектных и изыскательских работ и иных индексах на III квартал 2012 г.»

ВНЕДРЕНИЕ ИКТ В ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ БИОЛОГИИ В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЕ

К.В. ХАЙБУЛИНА, *асп. Московского государственного областного университета*

karinahi@yandex.ru

В настоящее время в России, как и во многих странах мирового сообщества, все больше внимания уделяется проблеме информатизации образования. Повсеместное использование ИКТ технологий привело к тому, что это стало основой процесса информатизации в области образования.

Под информатизацией образования подразумевается «процесс обеспечения сферы образования методологией, технологией и практикой разработки и оптимального использования современных информационных технологий, ориентированных на реализацию психолого-педагогических целей обучения и воспитания» [9, 4].

Важно понимать, что информатизация является основой реформирования системы отечественного образования, так как она обеспечивает достижение основных целей. Первая заключается в повышении эффективности всех видов образовательной деятельности на основе использования ИКТ. Вторая связана с повышением качества подготовки специалистов, соответствующего требованиям информационного общества.

Из истории развития известно, что массовая информатизация школ России началась в 1984 г., после апрельского пленума ЦК КПСС, где были определены два основных направления этого процесса:

– введение основ информатики и вычислительной техники, а также программирования в содержание обучения;

– использование электронно-вычислительной техники как средства обучения. В этот период принято решение о повышении качества обучения и приведение его в соответствие с требованиями современной научно-технической революции [3].

В 1985 г. в программу обучения средней общеобразовательной школы был введен курс «Основы информатики и вычис-

лительной техники», а в 1986–1988 гг. Е.П. Велиховым и А.П. Ершовым разработана «Концепция информатизации средней общеобразовательной школы». [1].

В 1997 г. на Генеральной конференции ЮНЕСКО было принято решение о создании Института ЮНЕСКО по информационным технологиям в образовании (ИИТО), который должен был оказывать помощь в разработке и осуществлении программы ЮНЕСКО по вопросам применения информационных и коммуникативных технологий в образовании [6].

В 1998 г. была разработана «Концепция информатизации общего и профессионального образования» [4], а далее «Стратегия модернизации содержания общего образования» [5]. В это же время создается и развивается система дистанционного образования.

С 2001 г. государство приступает к целенаправленной деятельности по информатизации образования, которая осуществляется и по настоящее время.

В 2002 г. произошло присоединение России к Болонскому соглашению и начало осуществления модернизации отечественного образования, вхождение его в мировое общеобразовательное пространство.

С 2001–2005 гг. идет развитие единой информационной среды; развитие электронных образовательных ресурсов; развитие информационно-коммуникационных технологий управления в образовании; использование новых педагогических технологий в качестве нового педагогического инструмента; информационная поддержка образовательного процесса, обеспечение возможности удаленного доступа педагогов и учащихся к научной и учебно-методической информации; широкое распространение дистанционного образования.

В 2005 г. был выдвинут на государственном уровне проект «Образование» по на-

правлению «Внедрение современных образовательных технологий» [8].

Исследования, проведенные в области информатизации общего образования, позволяют нам утверждать, что существует две формы информатизации: управляемая и неуправляемая [2].

Управляемая информатизация образования – организованный процесс, который поддерживается государством. В ее основе лежат общепризнанные концепции и программы.

Неуправляемая информатизация образования реализуется «снизу», по личной инициативе субъектов системы образования – администрации школ и органов управления образованием, учителей, методистов, учащихся и родителей – и охватывает наиболее актуальные сферы образовательной деятельности и предметные области.

Информатизация в области образования протекает одновременно по двум основным направлениям – управляемому и неуправляемому типу. «Биологическое образование является составной частью общего образования, и его оснащение средствами современных информационных технологий подчиняется тем же правилам, состоит из тех же этапов и направлений» [10].

При внедрении средств ИКТ в процесс обучения биологии согласно первому подходу (управляемая информатизация) современные ИКТ включают в рамках традиционных методов, что помогает интенсифицировать учебный процесс и частично автоматизировать работу учителя биологии. При втором подходе (неуправляемая информатизация) происходит постепенная замена традиционных средств обучения на современные ИКТ, которая сопровождается соответствующей коррекцией методов и форм учебного процесса.

Вопросами психолого-педагогического обоснования возможностей применения средств современных ИКТ в учебном процессе и их применения в процессе обучения биологии занимались: Ю.К. Бабанский, В.П. Беспалько, С.А. Бешенков, Б.С. Гершунский, Е.С. Гладкая, А.С. Лысенко, О.Н. Маслен-

никова, Е.И. Машбиц, В.В. Пасечник, А.В. Пименов В.А. Смирнов, В.П. Соломин, В.Н. Стародубцев, С.В. Суматохин Н.Ф. Талызина и др.

За рубежом тоже проводились исследования которые оказали влияние на внедрение ИКТ в процесс обучения мировых систем образования. Исследования отражены в трудах: Р. Вильямса, Маклин К. Девида, Х. Джонассена, Г.М. Клеймана, Д. Крема, В. Оконь, С. Пейперта, Б.Ф. Скиннера, Б.Хантера и др.

В основе всех естественнонаучных исследований также лежат информационные модели. Практически невозможно сделать точный прогноз того или иного явления или события, поведения живых существ в различных ситуациях, особенно если на развитие этого явления или события требуется очень много времени. Однако это можно сделать, используя современные средства ИКТ.

В настоящее время средства современных ИКТ позволяют учащимся усвоить и систематизировать базовые знания по предмету, сформировать навыки самостоятельной работы с учебным материалом с применением средств современных ИКТ, сформировать навыки самоконтроля, сформировать мотивацию к учению в целом и к биологии в частности, интерес к новому виду деятельности – работе с компьютером в процессе обучения биологии позволяет повысить качество обучения.

Однако следует учесть то, что информатизация образовательного процесса идет настолько стремительно, что перед учителем встают технические, психологические и методические трудности по применению средств современных ИКТ в процессе обучения своему предмету из-за отсутствия четкой и полной концепции и методик их применения.

В связи с этим возникает необходимость разработки методики использования современных ИКТ на уроках биологии в общеобразовательной школе.

По нашему мнению, разработка методических рекомендаций по использованию и применению средств ИКТ должна быть направлена повышения эффективности обуче-

Результаты контрольных срезов, проведенных сразу после изучения темы «Дыхание»

Характеристика ответов и усвоения знаний	Контрольная группа		Экспериментальная группа	
	абс.	%	абс.	%
Общее число работ	150	100	150	100
Правильные и полные ответы	23	15,33	41	27,33
Правильные, но неполные ответы	52	34,66	70	46,66
В ответах были допущены ошибки	55	36,66	33	22
Не справились с заданием	20	13,33	6	4
Качество знаний	49,99 %		73,99 %	
Успеваемость	86,65 %		95,99 %	
Коэффициент эффективности	0,57		0,77	

Результаты контрольных срезов, проведенных через четыре недели после изучения темы «Дыхание»

Характеристика ответов и усвоения знаний	Контрольная группа		Экспериментальная группа	
	Абс.	%	абс.	%
Общее число работ	150	100	150	100
Правильные и полные ответы	15	10	40	26,66
Правильные, но неполные ответы	42	28	67	44,66
В ответах были допущены ошибки	60	40	38	25,33
Не справились с заданием	33	22	5	3,33
Качество знаний	38 %		71,32 %	
Успеваемость	78 %		96,65 %	
Коэффициент эффективности	0,48		0,73	

ния биологии. В связи с этим был поставлен педагогический эксперимент.

В процессе эксперимента мы пришли к выводу, что наиболее оптимальные результаты учащиеся показывают в том случае когда, при использовании средств ИКТ у учащихся задействованы все каналы восприятия информации. «Чем разнообразнее чувственное восприятие учебного материала, тем прочнее он усваивается» [7].

В ходе педагогического эксперимента осуществлялась работа с компьютерными программами по биологии. Биология является таким учебным предметом, при обучении которому широко применяется принцип наглядности. Он основывается на том, что у большинства людей наибольшей чувствительностью обладают зрительные анализаторы. Известно, что информация, поступающая в головной мозг по оптическому каналу, не требует перекодирования, поэтому легко, быстро и прочно закрепляется в памяти.

В зависимости от того, какие задачи решаются на уроке, учитель может построить работу с биологической программой по-разному. Например, при изучении новой темы использовались интерактивные плакаты, 3D модели, анимация, видеоресурс, лабораторные и практические работы, эксперимент, аудиоресурс. Для выявления причин пробелов в знаниях учащихся проводилось корректирующее и диагностическое тестирование на компьютере, а также тестирование на выходе из обучения обобщающие и итоговые тесты.

Для выяснения эффективности разработанных нами методических рекомендаций проводился учебный эксперимент. Учителям экспериментальных классов давались конкретные методические рекомендации. Педагогический эксперимент проходил в школах г. Королева Московской области, в процессе которого были проведены контрольные работы: первая – сразу после изучения темы, а вторая – повторно через месяц. В ходе проведения эксперимента приняли участие 300 учащихся

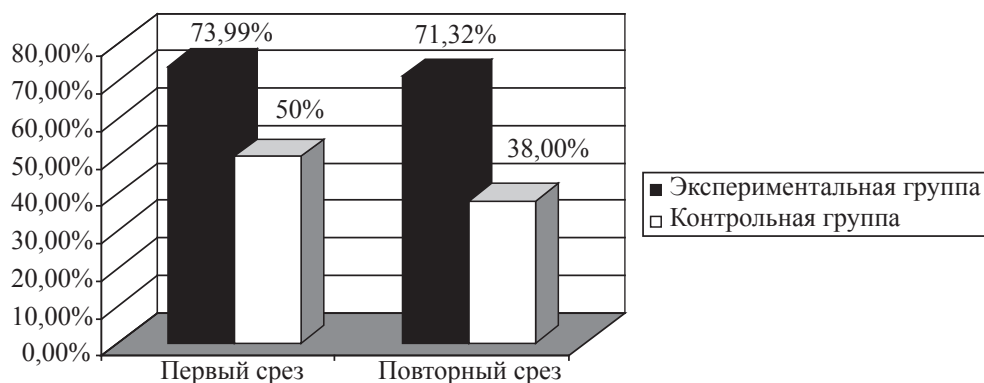


Рисунок. Сравнение результатов контрольных срезов по теме «Дыхание»

8-х классов. Из них пять были контрольными и пять экспериментальными. В контрольных классах преподавание велось по традиционной методике с применением традиционных средств обучения без использования ИКТ. В экспериментальных классах обучение осуществлялось по традиционной методике с использованием современных ИКТ.

Результаты контрольных срезов представлены в табл. 1, 2.

Сравнение результатов контрольных срезов показывает, что учащиеся лучше усваивают учебный материал при организации работы с использованием современных ИКТ. Результаты, полученные в экспериментальных классах, значительно выше, чем в контрольных классах (табл. 1, 2). Качество знаний учащихся при изучении темы «Опора и движение» в экспериментальной группе – 73,99 %, а в контрольной группе – 49,99 %. При повторном срезе, проведенном нами через месяц, качество знаний в экспериментальной группе – (71,32 %), в контрольной группе качество знаний значительно ниже (38 %). При повторной проверке качество знаний в экспериментальной группе незначительно понизилось всего на 2,7 %, а в контрольной группе на 11,9 %. Объяснить данный факт можно тем, что в процессе обучения в экспериментальной группе систематически использовались современные ИКТ. Сравнение и обобщение результатов экспериментальной работы убедительно доказывают эффективность применения разработанных нами методических рекомендаций для использования средств ИКТ в процессе обучения на уроках биологии.

Библиографический список

1. Велихов, Е.П. Новая информационная технология в школе / Е.П. Велихов // Информатика и образование. – 1986. – № 1. – С. 18–22, 67.
2. Гришкун, В.В. Использование информационных и коммуникативных технологий в общем и среднем образовании / В.В. Гришкун, С.Г. Григорьев // <http://www.ido.rudn.ru/nfpk/ikt/ikt2.html>
3. Колюшин, Е.И. Вопросы государства и права в материалах Пленума ЦК КПСС и сессии Верховного Совета СССР (апрель 1984г.) / Е.И. Колюшин // Правоведение. – Л.: Ленинградский ун-т, 1984. – № 5. – С. 3–12.
4. Концепция информатизации сферы образования РФ. – М., 1998.
5. Концепция модернизации российского образования на период до 2010 г. // Официальные документы в образовании, 2002. – № 4. – С. 3–33.
6. Национальный доклад Российской Федерации. Политика в области образования и новые информационные технологии / II международный конгресс ЮНЕСКО «Образование и информатика» (Москва, 1–5 июля 1996 г.) // Информатика и образование, 1996. – № 5. – С. 3–16.
7. Пономарева, И.Н. Общая методика обучения биологии : учеб. пособие для студ. пед. вузов / И.Н. Пономарева, В.П. Соломин, Г.Д. Сидельникова. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 280 с.
8. Прокудин, Д.Е. Информатизация отечественного образования: итоги и перспективы / Д.Е. Прокудин // URL:http://anthropology.ru/ru/texts/prokudin/art_int_educ.html.
9. Роберт, И.В. О понятийном аппарате информатизации образования / И.В. Роберт // Информатика и образование. – 2002. – № 12; 2003. – № 1, 2. – С. 2–6.
10. Титов, Е.В. Методика применения информационных технологий в обучении биологии : учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / Е.В. Титов, Л.В. Морозова. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 176 с.

КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИЯ КООПЕРАЦИИ В СОВРЕМЕННОМ ЭКОНОМИЧЕСКОМ ЗНАНИИ

В.Г. ЕГОРОВ, *проф. каф. истории и культурологии МГУЛ, д-р исторических наук*

vegorov@mgul.ac.ru

Концептуализация кооперации в современном экономическом знании не может состояться в результате простой адаптации теоретических положений к определению сущностных качеств кооперативной формы организации и ее места в цивилизационном пространстве. Вектор методологического осмысления кооперации интегрирует отдельные аспекты современных научных взглядов и генерирует синкретическую производную, на наш взгляд, позволяющую наметить подход не только к концептуализации кооперации, но и к критическому анализу современного состояния экономической теории в целом.

Одним из теоретических оснований, правомерность которого последнее время активно оспаривают представители других направлений экономической науки, является так называемый «методологический индивидуализм», объединяющий экономистов многих школ. Содержание этого мировоззренческого концепта, институционализировавшего научную метафору «экономический человек», кратко охарактеризовал один из его последователей, Джон Стюарт Милль: «Законы общественных явлений суть (и не могут быть ничем иным) законы активных и пассивных проявлений людей», т.е. «законы индивидуальной природы». «Соединяясь в общество, люди не превращаются в нечто другое, обладающее другими свойствами» (выделено автором) [5].

Наибольшую последовательность и академическую завершенность эта доктрина получила в трудах представителя австрийской школы Людвиг фон Мизеса. По мнению Мизеса, единственным «побудителем» общественного процесса, в том числе хозяйственного, являются «действия, производимые индивидами», «коллектив не существует вне деятельности отдельных членов» [4]. Не отрицая наличия в обществе экономических,

политических и других институтов, представители австрийской школы тем не менее видели в последних лишь результат деятельности индивидов, мотивы и потребности которых рассматривались в качестве единственного источника, «оплодотворяющего» социальную консолидацию и развитие.

Методологический индивидуализм – это не «тривиальный социальный атомизм» утверждающий, что «общество состоит из индивидов», а мировоззренческое представление, артикулирующее социальное через индивидуальное, и в этом состоит позитивный момент, важный с точки зрения концептуализации кооперации и определения перспективы современных экономических трендов.

Конструктивное начало методологии индивидуализма состоит в утверждении центрального места в иерархии общественных ценностей собственно индивида как главного фактора общественного и экономического процесса, потребности которого являются основополагающими в генезисе и развитии кооперации, и современном индивидуализирующемся социуме. Механизм достижения единства индивидуального, консолидации отдельных самоценных элементов является основой кооперативной организации и направлением агрегирования общественной и политической сфер, определяющим социальную перспективу.

Однако в транскрипции методологии индивидуализма роль индивида имеет некоторую ограниченность, препятствующую актуализации этой доктрины в качестве научного мейнстрима в поиске направления цивилизационного развития. Эта ограниченность проявляется в двух основополагающих моментах.

Во-первых, человек, с момента как он становится таковым, является продуктом социальной институционализации: его система ценностей и даже самые приземленные

мотивы и потребности детерминированы обществом. Лучше других об этом сказал Карл Поланьи. Мотивы экономической деятельности, основанные «на страхе голода, либо получении прибыли» Поланьи считал «воплощением моральной травмы», инициированной «индустриальной эпохой» [1]. Поведение человека не в меньшей степени, чем голод и жажда наживы, определяют «гордость и престиж, ранг и статус, публичная похвала, личная репутация и т.д.» [1]. Таким образом, человек в отличие от биологического вида явление социальное, и поэтому удовлетворение его индивидуальных потребностей может наиболее полно реализовываться в сообществе (коллективе, группе, корпорации).

Частное предпринимательство, основанное на примате рационализма, представляет собой такой же естественный феномен, как и коллективные формы экономической организации. Однако современный контекст экономических трансформаций, связанных с доминированием интеллектуального ресурса и сложностью научных проблем, актуализируемых потребностями развития общественного хозяйства, позволяет предположить депривацию форм экономических отношений, основанных на рациональных мотивах индивидов и возрастание до качественно нового уровня (в сравнении с доиндустриальными формациями) «человека интеллектуального» – субъекта, наделенного уникальными знаниями и способностями. Видя ограниченность исторического потенциала общества, пришедшего на смену традиционному, К. Поланьи писал: «Позади выцветающей ткани конкурентного капитализма маячит сила индустриальной цивилизации с ее парализующим разделением труда, стандартизацией жизни, превосходством механизма над организмом и организации над спонтанностью» [1].

Преодоление «индустриализма» – «случайно привитого побега на многовековом существовании человека» – неизбежно вернет в экономику доминирующее место субъекта, а «поиск промышленной демократии», сопровождающий процесс его трансгрессии,

«это не просто поиск решения проблем капитализма», но объективная потребность нового этапа развития цивилизации [1].

Во-вторых, в контексте методологии индивидуализма продуцированные «направленной деятельностью индивидов» институты выглядят лишь как формализованная воля и потребность индивидов. Тем не менее, созданные институты приобретают самодостаточность, реализуемую в специфических природных качествах и интерактивных свойствах, обуславливающих обратное влияние на индивидов. Один из сторонников институциональной экономической теории Дж. Ходжсон по этому поводу заметил, «что индивидуальная и групповая (или коллективная) целеустремленность – вещи разные, и проводить разграничение между ними необходимо в любой ситуации» [6].

Применительно к оценке общечеловеческой перспективы развития аргумент институционалистов позволяет увидеть потребность генерирования сообществ, наделенных потенциалом, недоступным для индивидуальной инициативы. Уже сегодня оплата труда коллективов интеллектуалов сопоставима с размером прибыли в производстве. Кроме того, все чаще коллективные носители интеллектуальной собственности продают свой «товар» по цене, значительно превышающей потенциальный доход производителей материального продукта.

Насколько трудно представить способность интеллектуалов-одиночек решить сложные научные проблемы, настолько невероятной представляется перспектива развития научных сообществ на основе простых отношений найма. Одним словом, институты, рожденные консолидированным целеполаганием самоценных субъектов, обретают более совершенное коллективное качество.

Положения институционалистов приобретают особую актуальность в определении социальной перспективы кооперации. Появившиеся как результат стремлений индивидов к увеличению коммерческой выгоды своих предприятий кооперативы, сохра-

няя незыблемым центральное место каждого пайщика, создают целый ряд только им присущих свойств.

Во-первых, кооперативные объединения приобретают качество генератора атмосферы нравственного благополучия, отсутствующее в какой-либо другой хозяйственной организации. Не мог не заметить этой особенности посетивший в 70-е годы XIX века артель грабарей (землеустроителей) А.Н. Энгельгардт. Коллективы грабарей, в силу особого мастерства и большого рыночного спроса на их труд, приобрели в пореформенной России популярность. «Человек может быть мошенник, пьяница, злодей, кулак, подлец, как человек сам по себе, – отмечал в своем письме, опубликованном в 1879 г. в «Отечественных записках» А.Н. Энгельгардт, но как артельный грабар он честен, трезв, добросовестен, когда находится в артели». «В артели грабари всегда отлично ведут себя, ни пьянства, ни буйства, ни воровства, ни мошенничества. Артель не только бдит за своими членами, но оберегает от всяких подозрений свою добрую славу» [7]. По свидетельству А. Исаева: «Ссоры, брань, игра в карты» категорически запрещались в биржевых артелях [2]. Непременным правилом: «не пить, не бражничать, друг друга не покинуть» были скреплены артели кузнецов [2].

Во-вторых, неотъемлемой чертой кооперации является построение деятельности на основе принципа прямой демократии. Если для других экономических систем демократия служит средством повышения эффективности, то для кооперативных объединений демократический строй является единственно возможным механизмом существования.

Таким образом, конструктивное начало институциональной экономической теории позволяет инкорпорировать в концепцию кооперации методологические положения, отражающие институциональные качества кооперативной идентичности. Вместе с тем, в отличие от большинства институциональных теоретических построений, в концепции кооперации присутствует доминирующая роль индивида. В ее теоре-

тической схеме: кооперация – индивид, силовая линия влияния не однонаправленна, а представляет собой интеракцию, субъекты которой взаимообусловлены и взаимосвязаны. Именно поэтому кооперация современной морфологии, в силу сохранения доминирующего положения консолидированных вокруг одной цели субъектов, наделенных особыми способностями, адекватно отражает тренды современного экономического развития.

Специального пояснения заслуживает еще один вопрос, связанный с институциональным качеством кооперации, а именно обусловленности кооперативной функциональности формализацией юридическим статусом. Сразу заметим, что регистрация и официальный статус являются обязательным условием деятельности частнокапиталистического предприятия, нуждающегося в государственном регулировании, прежде всего, отношений найма и собственности, имеющих решающее значение в их организации.

Несколько иначе обстоит дело с кооперативными объединениями. В отношении потребительских союзов имеется некое единодушие в этом вопросе. В том случае, когда кооперативы потребителей ориентируются в своей деятельности исключительно на пайщиков и не занимаются коммерцией, критерием их институционализации не обязательно является юридическая регистрация. Кооператив потребителей может считаться состоявшимся при наличии общественной организации единомышленников, объединившихся с целью получения без посредников торгового капитала, товаров и услуг. Вместе с обретением потребительскими кооперативами коммерческой функции, выходящей за пределы естественного содержания, возникает потребность их наделения юридическим статусом: объекта налогообложения и субъекта правовых отношений.

Сложнее обстоит дело с производственной кооперацией. От пытливого взора исследователей не ускользнуло то обстоятельство, что и в прошлой и в настоящей

практике хозяйствования имеет место проявление неформализованной организации. Например, по мере обретения сельскими хозяевами субъектности в рыночной экономике, у них возникает мотив к объединению усилий в сбыте, снабжении своего производства, совместном использовании сложной техники, приобретенной в складчину. Вряд ли правомерно отказывать таким институтам в статусе кооператива.

Для преодоления видимого противоречия, возникающего в связи с формализацией производственной кооперации, некоторые исследователи пытаются привлечь в качестве формальных кооперативных признаков принципы, провозглашенные международным кооперативным движением. Однако такое замещение качественных критериев кооперативной состоятельности любыми формальными, в том числе юридическими признаками некорректно.

Кооперация, уже в силу объединения одной целью нескольких субъектов, представляет собой функциональную организацию, формализация которой не играет решающей роли в ее состоятельности как экономической реалии [3].

В свете идей праксеологии и ее выдающегося представителя Тадеуша Котарбинского объединение, основанное на частной инициативе, интегрирующее на одном поле деятельности многих работников наемного труда, является по существу «негативной кооперацией» и несмотря на наличие единого целеполагания, по большому счету, не представляет подлинного сотрудничества ее участников, а скорее их конкуренцию. «В пределах негативной кооперации можно выделить соревнование. Это такая ее разновидность, при которой препятствование ограничивается тем, что каждая из сторон стремится достигнуть определенного свойства на более высоком уровне, чем другая», – писал Т. Котарбинский [3].

«Позитивная кооперация» генерирует отношения положительного содержания, при которых субъекты «взаимодействуют с точки зрения определенных целей и определенных действий», а их качество поддается иденти-

фикации через термин «взаимопомощь» и «доверие» [3].

Вышесказанное очевидно свидетельствует о том, что кооперация представляет собой особый феномен социального устройства и экономической деятельности, обладающий специфическим набором видовых качеств, обусловленных ее местом и ролью в цивилизационном пространстве.

Определение кооперативной идентичности в экономическом знании представляется нетривиальной задачей, требующей синергетического подхода, основанного на критическом осмыслении накопленного багажа экономической теории.

В этой связи интеграция концепции кооперации в экономической теории, предполагающая агрегирование конструктивных элементов, ведущих направлений экономической науки, в значительной степени совпадает со стратегической задачей использования сложившегося академического опыта для выработки представления о контурах экономической перспективы общественного развития.

Библиографический список

1. «Великая трансформация» Карла Поланьи: прошлое, настоящее, будущее. Под общ. ред. Р.М. Нуриева. – М.: ГУ-ВШЭ, 2007. (Серия «Конференции Департамента экономической теории ГУ-ВШЭ»).
2. Исаев, А. Артели в России. Ярославль, 1881. С. 46. Указанное произведение является публикацией докторской диссертации автора, в которой на основе опубликованных источников и личных наблюдений соискателя дан анализ организационных принципов русских артелей конца XIX в.
3. Котарбинский, Т. Трактат о хорошей работе / Т. Котарбинский. – М., 1975. С. 73.
4. Мизес, Л. Фон. Человеческая деятельность. Трактат по экономической теории / Л. Мизес. – М., 2000. – С. 43.
5. Милль, Дж.С. Система логики силлогистической и индуктивной / Дж.С. Милль. – М., 1914. – С. 798.
6. Ходжсон, Дж. Экономическая теория и институты: Манифест современной институциональной экономической теории: пер. с англ. / Дж. Ходжсон. – М.: Дело, 2003. – С. 101.
7. Энгельгардт, А.Н. Из Деревни. 12 писем 1872–1887 / А.Н. Энгельгардт. – М.: Мысль, 1987. – С. 351.

ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ПОНЯТИЙНОГО АПАРАТА ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ МОДЕРНИЗАЦИИ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ

М.Н. САЛУН, доц. каф. менеджмента Харьковского национального экономического университета, канд. экон. наук

m_salun@ukr.net

При формировании понятийного аппарата научного исследования одной из важнейших задач является формализация накопленных и систематизированных знаний. Понятийный аппарат научного исследования включает терминологическую лексику, основные классификации и взаимосвязи между понятиями, содержание отдельных понятий и категорий. Формирование понятийного аппарата необходимо для исследования сути понятия, проведения лексикографического поиска понятий, изучения определений и пояснений к ним, установления связей между понятиями и формирования иерархической структуры терминологической базы.

Анализ процесса разработки и создания понятийного аппарата научного экономического исследования представлен в работах В. В. Корженко, В. В. Говорухи, О. Ю. Амосова [8]; методика формирования содержания научного понятия всесторонне исследована Г. С. Цехмистровой [10]; выявлению основных противоречий и проблем при формировании понятийного аппарата в научных исследованиях и обоснованию целесообразности формирования комплексного понятийного аппарата исследования посвящены труды А. О. Кузнецова [7] и В. И. Перцухова [2]; основные методы работы с понятийным аппаратом в рамках научного исследования изложены С. В. Посудиным [3] и Н. Ю. Федоровой [4], однако вопросы выявления взаимосвязей понятий на основе применения методов экономико-математического аппарата и обоснование на их базе понятийного аппарата исследования изучены недостаточно.

Целью представленного исследования является обоснование терминологического поля научного исследования с выделением иерархии используемых понятий на основе применения метода опорных векторов.

Понятийный аппарат отображает принятую предметную область попарно ресурсно-носящих отношений в области модернизации в обобщенной форме, предлагая в основном диаду «субъект – субъект». Принято любое понятие рассматривать с трех сторон: как структурированный аспект, как суть, как классификацию относительно реально существующих предметов. Каждое принятое понятие так или иначе ориентировано на взаимодействие, таким образом, формируется понятийный аппарат как система взаимосвязанных и взаимозависимых понятий

Понятийный аппарат модернизации при исследовании ресурсного потенциала предприятия целесообразно дифференцировать на совокупности частичных понятий в области модернизации компонент ресурсного потенциала предприятия (материально-технической, трудовой, информационной), поэтому можно утверждать, что в терминологическом поле модернизации присутствует существенная неопределенность, обусловленная следующими факторами:

- множественностью понятий с одинаковой сутью, но с разными определениями;
- низкой корреляцией базовых понятий с производными понятиями;
- слабым влиянием совокупности базовых и производных понятий на подсистемы, в которых циркулируют упомянутые понятия.

Для решения поставленной задачи целесообразно использовать классификаторы текстовых документов, такие как метод опорных векторов, метод k -близких соседей [1], дерево решений, метод Байеса [5], метод Роше [6], при этом метод опорных векторов наиболее широко используется и наиболее эффективен при обработке значительных объемов данных.

Действие классификаторов основано на выполнении принципов.

- классификация строится для каждого понятия независимо друг от друга;
- понятия в тексте определяются по списку встречаемых слов;
- для каждого понятия существует характерная лексика и слова;
- множество характерных для содержания понятия слов можно разбить на две части: характерные слова – множество слов, без которых невозможно раскрыть суть данного понятия. Если в тексте нет ни одного слова из данного множества, то документ не относится к исследуемой тематике;
- прочие слова, характерные для определения понятийного аппарата модернизации ресурсного потенциала предприятия. Наличие или отсутствие данных слов в изучаемом тексте не определяет, относится ли документ к исследуемой тематике;
- кроме характерных слов, классификатор использует нехарактерную для определения понятия лексику.

Для формирования понятийного аппарата модернизации ресурсного потенциала предприятия из исходного множества документов (720000 документов на 23200 русскоязычных сайтах и 298000 документов на 9200 украиноязычных сайтах) собраны словоформы, встречающиеся в исходном множестве слов более чем N раз (бралось $N=500$, то есть словоформа без изменений встретила не реже чем 500 раз), таким образом получено 34500 словоформ, которые характеризуют понятие «модернизация».

Для каждой словоформы ведется статистика:

- сколько раз слово встретилось в тексте, который отнесен классификатором к исследуемой тематике $N_{\text{тема}}$;
- сколько раз словоформа встретилась в тексте, не отнесенном к теме исследования $N_{\text{вне темы}}$;
- сколько слов в тексте, отнесенном классификатором к исследуемой тематике $N_{\text{слов тема}}$;
- сколько слов в проверенном тексте, не отнесенном к теме исследования $N_{\text{слов вне темы}}$.

На основе полученных данных рассчитывается вероятность встретить заданную словоформу

$$P = N_{\text{тема}} / N_{\text{слов тема}}$$

вероятность того, что в тексте длиной L присутствует заданная словоформа для документов, отнесенных к заданной теме

$$P_{\text{тема}}^L = 1 - (1 - P)^L$$

вероятность того, что в тексте длиной L присутствует заданная словоформа для документов, не отнесенных к заданной теме

$$P_{\text{вне темы}}^L = 1 - P_{\text{тема}}^L$$

вес словоформы

$$W = \ln(P_{\text{тема}}^L / P_{\text{вне темы}}^L)$$

На основе весов словоформы сортируются в порядке убывания веса, при этом учитываются позитивные веса для первых слов (характерные слова).

Преимуществом представленного классификатора является высокая скорость работы, удовлетворительное качество классификации. При работе создается множество характеристических словоформ, которые в дальнейшем могут быть использованы для построения тезауруса, иерархического наследования ключевых слов.

Список ключевых слов в ходе исследования достаточно сильно изменялся: осуществлялись попытки очистить полученные списки слов, удалить случайные слова, однако алгоритм является устойчивым по отношению к списку ключевых слов и получаемые результаты практически не менялись.

При использовании классификатора по ключевым словам вариация параметров $N_{\text{слов тема}}$, $P_{\text{тема}}^L$ позволяет гибко изменять соотношение полноты и точности, то есть обеспечивать полноту на уровне около 100 % за счет снижения точности.

Поэтому процесс проведения классификации словоформ целесообразно разбить на две стадии:

- на первой стадии строится классификатор с максимальной полнотой (выделяется перечень текстов, которые не относятся к исследуемой тематике, но используют словоформу «модернизация ...»);
- поскольку множество текстов, которые не относятся к исследуемой тематике, на

**Результаты тестирования двухстадийного классификатора
(рассчитано автором по результатам экспериментов)**

Стадии	Точность	Полнота	Комплексная оценка полученных словоформ
Первая	31,4	98,2	47,58
Вторая	83,1	90,1	86,45

второй стадии существенно отличается от множества, исследованного на первой стадии, то статистика для слов существенно изменится. На второй стадии тексты, которые не относятся к исследуемой тематике, будут эффективно отделяться, что позволяет повышать полноту и точность конечного классификатора.

Результаты работы двухстадийного классификатора представлены в табл. 1.

На основе проведения двухстадийной классификации получены словоформы, которые чаще всего используют для характеристики предметной области модернизации ресурсного потенциала предприятия.

Предметная область модернизации ресурсного потенциала может быть представлена в виде графа понятий, который отображает концептуальную модель понятийного аппарата. Построение такого графа отвечает заданию классификации понятий и формированию понятийного аппарата модернизации ресурсного потенциала предприятия. Таким образом, вводится определенная иерархия используемых понятий, которая допускает, что любой объект может быть подтипом другого, более универсального и абстрактного объекта, то есть аппроксимирует его. Рассмотренная модель системы понятий предметной области модернизации ресурсного потенциала представляется семантической сетью. Вершинами семантической сети служат языковые единицы, которые помечают соответствующие базовые или производные понятия, отображающие внутреннее содержание предметной области.

Полученная модель понятийного аппарата модернизации ресурсного потенциала предприятия представлена горизонтальными взаимосвязями словоформ:

модернизация → технологическая модернизация → инновация → инфраструктура рынка;

модернизация ресурсного потенциала предприятия → организационная структура управления предприятием → диверсификация производства → создание интегрированного промышленного центра;

модернизация материально-технического ресурса → наукоемкое производство → высокотехнологичное производство → технологический уклад;

модернизация ресурса труд → информатизация труда → интеллектуализация труда → глобальное мышление;

модернизация информационного ресурса → автоматизация работ (рабочих мест) → автоматизация бизнес-процессов → информационная безопасность.

Модель базовых понятий модернизации ресурсного потенциала предприятия сформирована на основе применения системного подхода к изучению современной теории модернизации сложных производственно-экономических систем, инновационного и производственного менеджмента. Каждый базовый элемент матрицы влечет за собой появление производных элементов.

Модель производных от базовых понятий модернизации ресурсного потенциала предприятия может быть сформирована на основе использования принципа дихотомии и классификационного подхода [9]. Между элементами, которые составляют понятийный аппарат модернизации, существуют взаимосвязи (статика отношений) и взаимодействия (динамика отношений). Как уже отмечалось, разделение элементов на блоки осуществляется на принципах дихотомии, а мера близости выделенных элементов матрицы устанавливается методом автоматической классификации. Данный метод заключается в вычленении максимально близких элементов по сути на основе расчета коэффициентов близости.

Выводы

Предложенная модель понятийного аппарата модернизации ресурсного потенциала предприятия, базирующаяся на анализе эволюции представлений о предмете теории модернизации, позволяет упорядочить терминологическую систему по данному вопросу. Научно обоснованный терминологический аппарат позволяет обнаружить дефекты в нормативно правовой базе по модернизации, в методологии и методике проведения технико-экономических, финансово-экономических обоснований модернизации ресурсного потенциала предприятия.

Библиографический список

1. Клепиков, Ю.Н. Оценка уровня и стратегия улучшения использования экономического потенциала предприятия: автореф. дис. канд. экон. наук / Ю.Н. Клепиков. – Белгород, 1999. – 23 с.
2. Перцухов, В.И. Систематизация понятийного аппарата описания инвестиционной ситуации <http://teoria-practica.ru/-4-2010/ekonomika/percuhov.pdf>
3. Посудин, С.В. Методика работы с понятийным аппаратом в курсе политологии (на примере понятия «политическая партия») http://zhurnal.lib.ru/p/posudin_sergej_wladimirovich/metodikaraboty_s_ponjatijnymapparatom.shtml
4. Федорова, Н.Ю. Систематизация понятийного аппарата в исследованиях инновационной деятельности http://skgu.ru/projects/pgu/storage/wt/wt152/wt152_29.pdf
5. Козачкова, В.В. Эффективне використання ресурсного потенціалу сільськогосподарських підприємств http://www.rusnauka.com/9_DN_2010/Economics/62567.doc.htm
6. Колісник, М.К. Антикризове управління виробничо-господарськими структурами у машинобудуванні : [монографія] / М.К. Колісник ; Національний ун-т «Львівська політехніка». – Л. : Видавництво Нац. ун-ту «Львів. політехніка», 2009. – 206 с.
7. Кузнецов, А.О. Концептуальні підходи до формування понятийного апарату в сфері публічного управління <http://www.kbuara.kharkov.ua/e-book/db/2010-1/doc/1/05.pdf>
8. Теоретико-методологічні засади державного управління: формування понятийного апарату : метод. рек. / авт. кол. : В. В. Корженко, В. В. Говоруха, О. Ю. Амосов та ін. ; за заг. ред. В. В. Корженка. – К. : НАДУ, 2009. – 56 с.
9. Фельзер, М.С. Теорія інформації : конспект лекцій / М.С. Фельзер, О.Г. Ситник ; Національний авіаційний ун-т. – К. : НАУ, 2006. – 55 с.
10. Цехмістрова Г.С. Основы научных исследований. Навчальний посібник. – Київ: Видавничий Дім «Слово», 2004. – 240 с.

КОМБИНИРОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНО И ГОРИЗОНТАЛЬНО ИНТЕГРИРОВАННЫХ БИЗНЕС-СТРУКТУР ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ КОРПОРАЦИЙ

Н.В. ЛАРИНА, *асп. каф. мировая экономика МГУЛ*

caf-econvnesh@mgul.ac.ru

В настоящее время в лесном секторе экономики России наибольшее распространение получили вертикально интегрированные корпорации. Значительно реже можно встретить горизонтально интегрированную бизнес-структуру.

В современной глобальной экономике основным объектом управления чаще всего становится уже не предприятие, осуществляющее отдельный этап технологической цепи от организационно-технической разработки и добычи сырья до реализации конечной продукции и обслуживания ее потребителей, а межотраслевой производственный комплекс, управляющий

этой цепью как интегрированной системой. Современные информационные технологии позволяют управлять этими комплексами не только в региональном и национальном, но и в глобальном масштабе. Таким образом управляются современный нефтегазохимический, лесопромышленный, рудно-металлургический, аэрокосмический, энергомашиностроительный и многие другие комплексы.

Очевидно, что промежуточный уровень управления в экономике возник потому, что он с существенно меньшими затратами, чем рынок, координирует деятельность многих производителей.

В современной экономике на нижнем уровне действуют миллионы юридически самостоятельных предприятий малого и среднего бизнеса. Однако большинство мелких и средних компаний группируются вокруг крупных корпораций, осуществляющих планирование деятельности всей структуры в целом. Таким образом, формируется бизнес-группа – комплекс предприятий, внутри которой реализуется единая научная, технологическая, финансово-инвестиционная, а в ряде случаев и организационная политика.

В настоящее время в статусе рыночных хозяйственных субъектов произошли существенные изменения. Информатизация на базе Интернета позволила связать в единую защищенную сеть все компьютеризированные рабочие места компании в различных регионах и странах. Это резко расширило возможности многовариантного планирования бизнес-структур, основные этапы которого связаны с реализацией единой стратегии, инновационных, инвестиционных и организационных программ из единого центра.

Глобализация экономики привела к тому, что к началу XXI века участниками торговых сделок на мировом рынке товаров и услуг, капиталов, информации и технологий стали транснациональные компании – вертикально и горизонтально интегрированные корпоративные структуры, управляющие межотраслевыми технологическими цепями, от добычи сырья и производства материалов до изготовления, сбыта, а в необходимых случаях, обслуживания и утилизации конечной продукции.

В этих условиях произошла дальнейшая концентрация капитала и развитие хозяйственных объединений в форме концернов, финансово-промышленных групп (ФПГ), консорциумов, картелей, холдингов, предпринимательских сетей, стратегических альянсов и т.д. [1].

В лесопромышленном комплексе (ЛПК) России получили распространение холдинговые компании (холдинги), которые, по сути, являются разновидностью акционерных обществ с более сложной организационно-экономической структурой.

Как правило, холдинговая компания владеет крупными (нередко контрольными) пакетами акций других акционерных обществ (АО) с целью осуществления контрольных, управленческих, финансовых и других функций холдинга по отношению к тем АО, акциями которых он располагает. При этом АО в составе холдинга сохраняют свою юридическую и оперативно-хозяйственную самостоятельность.

Появление лесопромышленных корпораций в России явилось закономерной реакцией на рыночную экономику. При этом новая форма финансового объединения различных акционерных обществ оказалось для ЛПК наиболее жизнеспособной.

Следует также иметь в виду то обстоятельство, что большинство факторов, стимулирующих формирование бизнес-групп, относится к сфере организации и использования результатов НИОКР при соответствующей финансовой поддержке.

К основным технологическим факторам, способствующим расширению межфирменного сотрудничества, относятся такие, как:

- распределение риска, связанного с разработкой и использованием новых технологий;
- преодоление трудностей, связанных с лицензией на продажу товаров на экспорт;
- стремление опередить конкурентов в коммерческом использовании результатов НИОКР;
- стремление интегрировать отдельные изобретения в рамках новых систем потребительского назначения;
- создание единых стандартов и технологических условий на более ранних стадиях разработки нового продукта.

Новые возможности для формирования и развития крупных бизнес-групп в лесопромышленном комплексе РФ открываются в связи с принятием России в «элитный» торговый клуб – ВТО. Возможность, а также необходимость перелива капиталов из стран, где имеется их относительно избыточное количество, в страны с дефицитом капитала обусловлены такими экономическими факторами, как низкий уровень занятости населе-

Вертикально и горизонтально интегрированные бизнес-структуры холдинговой компании «Юградревмебель»

Вертикально интегрированный холдинг	Горизонтальная интеграция бизнес-единиц
Мебельное ЗАО	Мебельные фабрики в Ханты-Мансийске, Нижневартовске, Тюмени
Фанерное ОАО	Фанерные комбинаты в Нижневартовске и Тюмени
ОАО по производству древесных плит	Заводы по производству древесных плит в Ханты-Мансийске и Тюмени
ООО по производству столярных изделий	Столярные предприятия и цеха (6)
ОАО лесопильного производства	Лесопильно-деревообрабатывающие комбинаты (4)
ООО лесозаготовительного производства	Лесозаготовительные предприятия (3) и участки (2)

ния, свободные территории, богатые залежи полезных ископаемых и т.п.

Но, хотя транснациональный капитал объективно расширяет возможности российского ЛПК, необходимо активно использовать такой принцип ВТО, как «защита национальных производителей» тарифными мерами [2].

Таким образом, интеграция предприятий в корпоративные структуры явилась закономерным этапом развития как мировой экономики, так и рыночного этапа развития экономики России. Объединение предприятий под эгидой одной компании в условиях обострения конкуренции и дефицита средств на развитие позволяет консолидировать финансовые ресурсы, осуществлять единую экономическую политику, централизованное стратегическое управление, расширять сферы влияния.

Высокий уровень концентрации капитала, достигнутый в ряде случаев в отраслях лесного сектора РФ, приводит к поиску новых путей развития интегрированных корпоративных структур. Одним из направлений такого поиска является комбинирование вертикально и горизонтально интегрированных лесопромышленных холдингов. Примером такого сочетания неоднородных интегрированных структур может служить бизнес-проект создания холдинговой компании «Юградревмебель» (таблица).

Корпоративные бизнес-структуры подобного типа имеют хорошую перспективу, так как позволяют использовать преимущества как вертикальной, так и горизонтальной интеграции. А в этом случае совокупный синергетический эффект будет значительно выше.

Для повышения эффективности корпоративных сообществ в России следует

использовать такие организационно-экономические формы общего финансового оздоровления, развития финансового рынка с целью создания благоприятных хозяйственных условий для развития бизнес-групп в ЛПК, как, например:

- формирование рынка дешевых заемных средств для финансирования оборотных средств;
- расширение и развитие рынка ценных бумаг корпораций с целью создания условий для гибкого межотраслевого перелива капитала;
- реструктуризация акционерных обществ с целью повышения эффективности их деятельности.

Для совершенствования структуры собственности необходимо в первую очередь обеспечить защиту прав инвесторов (акционеров). Защиту прав инвесторов целесообразно сконцентрировать на решении следующих основных задач: совершенствование законодательства в сфере бизнеса; совершенствование исполнения законодательных актов в регионах; создание компенсационных схем защиты прав инвесторов и развитие системы страхования; совершенствование системы раскрытия информации; развитие инфраструктуры финансового и фондового рынка; оптимизация налогообложения предприятий.

Библиографический список

1. Друкер, П. Менеджмент XXI века / П. Друкер. – М., 2001. – 380 с.
2. Кожухов, Н.И. Лесной сектор экономики России на этапе перехода к постиндустриальному способу производства товаров и услуг / Н.И. Кожухов. – М.: Вестник МГУЛеса–Лесной вестник, 2011. – № 1(77).

СЛАВНЫЙ УЧЕНЫЙ, ИССЛЕДОВАТЕЛЬ И ПЕВЕЦ ПРИРОДЫ БЕЛОМОРЬЯ

(65 лет со дня рождения профессора Николая Алексеевича Бабича)

В.Д. НИКИШОВ, проф. каф. ГОЛП МГУЛ,

М.Д. МЕРЗЛЕНКО, проф., вед. науч. сотрудник Института лесоведения РАН, д-р с.-х. наук,

П.Г. МЕЛЬНИК, доцент каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ, канд. с.-х. наук

vn08@yandex.ru, melnik_petr@bk.ru

27 ноября 2012 г. исполнилось 65 лет со дня рождения профессора кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов Северного (Арктического) федерального университета, заслуженного работника высшей школы РФ, академика РАЕН, доктора сельскохозяйственных наук Николая Алексеевича Бабича, известного учёного в области лесокультурного дела, лесоведа, педагога, энциклопедиста, популяризатора бореальных лесов России.

Родился Н.А. Бабич в селе Скребеличи Овручского района Житомирской области в Украине. Примечательно, что древний город Овруч является родиной выдающегося лесоведа Виктора Егоровича фон-Граффа. Только знаменитый патриарх степного лесоразведе-

ния В.Е. фон-Графф большую часть жизни связал с разведением леса в степи, а Николай Алексеевич свою жизнь связал с Русским Севером, создав не одну корабельную рощу для будущих поколений. В 1966 г. он поступает учиться в Архангельский лесотехнический институт, а получив образование лесоведа, начинает трудовую научную карьеру в должности младшего научного сотрудника Архангельского научно-исследовательского института лесного хозяйства.

Н.А. Бабич является достойным учеником и продолжателем лесных традиций известного учёного-лесокulturника и лесоведа-историка № 1 профессора Георгия Ивановича Редько. За период работы, после окончания аспирантуры в Ленинграде, он



Профессор Н.А. Бабич за рукописью новой книги



Профессор Н.А. Бабич и лесничий Озерецкого лесничества С.М. Савостин на объекте географических культур в Солнечногорском опытном лесхозе, оценивают Тотемский экотип ели характеризующийся прекрасным ростом в условиях Подмосквья, 13 октября 2001 г.



Н.А. Бабич с коллегами из Москвы на побережье Белого моря, 5 октября 2010 г.

достиг высоких показателей становления:
кандидат сельскохозяйственных наук (1978),
доктор сельскохозяйственных наук (1993),

доцент, профессор, заведующий кафедрой
лесных культур и механизации лесохозяй-
ственных работ (1997–2002 гг.). Возглавляемая

Н.А. Бабичем кафедра в 2000 и 2001 гг. занимала первое место в университетском рейтинге по учебно-методической работе, а научно-просветительская работа кафедральной лаборатории «Дендрарий» отмечена премией Ломоносовского фонда (Архангельск, 1999). При личном участии Н.А. Бабича оформлен специализированный кабинет для проведения лабораторных работ по курсу «Лесная метеорология».

Ныне Н.А. Бабич – ведущий профессор кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов С(А)ФУ, известный учёный, лесовод-лесокультурник, большой радатель лесов Русского Севера, автор целого ряда научных, учебных, научно-популярных и справочных изданий. В копилке выдающегося учёного более 250 публикаций, в том числе 47 книг, учебников и учебных пособий, 200 оригинальных научных статей в известных журналах. Его научные труды часто цитируют в изданиях многих стран мира, а монографии и учебники неоднократно являлись победителями Всероссийских, областных и университетских конкурсов и отмечены дипломами.

Среди них учебник «Лесные культуры и защитное лесоразведение», четыре оригинальных учебных пособия, учебно-методические разработки для студентов и магистров. Учебное пособие «Теория и практика искусственного лесовосстановления» (2011 г.) широко используется при подготовке магистров направления «Лесное дело» в Московском государственном университете леса. Профессор Н.А. Бабич написал книгу о своем учителе профессоре Редько Г.И. – «Хранитель истории лесов России», является соавтором энциклопедии «Лесное хозяйство» и внес огромный вклад в подготовку тома «Природа» Поморской энциклопедии. Его монографии «Сорная растительность лесных питомников» (2010 г.), «Зональная закономерность изменения фитомассы культур сосны» (2009 г.) и ряд других весьма оригинальны по содержанию и значению для практики и широко внедрены в производство. Научно-популярные книги «Тайга Беломорья», «Прописано самой при-

родой», «В плену у Тайболы» играют важную роль в социально-экономическом воспитании читателя, будущих лесоводов и молодёжи.

Его монографии, учебник, учебное пособие многократно признавались победителями и призёрами институтского и университетского конкурсов, номинантами областного конкурса «Книга года – 2006» (Тайга), «Книга года – 2011» (Тайга Беломорья). На всероссийском конкурсе «Университетская книга» в 2011 г. в г. Ростове–на–Дону книги «Сорная растительность лесных питомников» и «Зональные закономерности изменения фитомассы культур сосны» признаны победителями и отмечены дипломами. Научная работа Н.А. Бабича «Восстановление лесных формаций, нарушенных антропогенным воздействием» отмечена первой премией и медалью конкурса по проблемам окружающей среды Архангельской области за 1994 г.

Значительный вклад профессор Бабич внес в подготовку научных кадров: 21 кандидат, 1 доктор наук. Продолжают диссертационные исследования 5 аспирантов и 2 докторанта. Николай Алексеевич является заместителем председателя диссертационного совета Д 212.008.03, заместителем главного редактора «Лесного журнала», включенного президиумом ВАК в перечень ведущих научных журналов и изданий России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени, руководит хозяйственными и госбюджетными научными проектами.

В Московском государственном университете леса он хорошо известен как активный участник лесоводственных чтений, посвящённых профессору Г.Ф. Морозову, а также неоднократный оппонент соискателей, защищавших диссертации в МГУЛ по сельскохозяйственным наукам.

В связи со славным юбилеем желаем профессору Николаю Алексеевичу Бабичу, раскрыть ещё много тайн северной природы, написать побольше хороших и полезных книг, воспитать не один десяток учеников, а также творческих успехов на ниве лесной науки и образования во славу русского леса!

Погиба С.П., Рабцун А.С., Коровин В.В. СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛЕСНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ.

Приведены примеры и дана оценка методов селекционно-генетического анализа лесных популяций.

Ключевые слова: лесные популяции, селекционно-генетический анализ.

Pogiba S.P., Rabtsun A.S., Korovin V.V. SELECTION-GENETIC ANALYSIS OF FOREST POPULATIONS.

Examples and evaluates the methods of selection-genetic analysis of forest populations.

Key words: forest populations, selection-genetic analysis.

Беляев В.В., Старицын В.В. ВЛИЯНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ УЗЛОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОНОШЕНИЯ БРУСНИЧНЫХ, НА ПРИМЕРЕ ЧЕРНИКИ (*VACCINIUM MYRTILLUS L.*) И БРУСНИКИ (*VACCINIUM VITIS-IDAEA L.*) В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ.

Приводятся результаты изучения влияния узлов пересечения тектонических дислокаций, которые территориально совпадают со статичными минимумами атмосферного давления, на характер выпадения осадков в летний период, содержание микроэлементов в почве. Результаты исследований показали, что в центре узлов осадки выпадали практически в два раза реже, а их количество до 38 % меньше. Вероятно, это связано с характером изменения атмосферного давления над территорией тектонического узла. Предварительно установлено, что в центре тектонических узлов ресурсы основных видов ягодников значительно меньше. Возможно, это объясняется существенным различием в количестве осадков, особенно в засушливые годы, и разным содержанием микроэлементов в почве.

Ключевые слова: узлы пересечения тектонических дислокаций, продуктивность, ягодники, осадки, микроэлементы.

Beljaev V.V., Staricyn V.V. INFLUENCE OF TECTONIC JUNCTIONS TO CHANGE PRODUCTIVITY BLUEBERRY (*VACCINIUM MYRTILLUS L.*) AND COWBERRY (*VACCINIUM VITIS-IDAEA L.*) IN THE ARKHANGELSK REGION.

The results of studying the influence of the intersection of junctions of tectonic dislocations, that are geographically coincide with the static minimum of the atmospheric pressure, on the nature of rainfall in the summer, the content of microelements in the soil. The results showed that precipitation in the central part falls twice less often and it's quantity on 38 % is less. Possibly, it's connected by changes of atmospheric pressure above the junction. Pre-established that in the center part of the tectonic of the basic resources of berries is considerably less. Perhaps this is a significant difference in the precipitation, especially indry years and the different content of microelements in the soil.

Key words: Junctions of tectonic dislocations, productivity, berrying ground, rainfall, microelements.

Беляева Н.В., Грязькин А.В., Ковалев Н.В., Фетисова А.А., Казы И.А. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОДСУШКИ ОСИНЫ НА ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ.

Приведены результаты оценки успешности естественного лесовозобновления на участках с преобладанием осины. Установлено, что предварительная и сопутствующая механическая подсушка перестойной осины способствует увеличению доли ели в составе формирующихся молодняков до 5–6 единиц. Это позволяет считать данное лесохозяйственное мероприятие эффективной мерой содействия естественному лесовозобновлению.

В статье также дается оценка жизнеспособности подроста на участках, пройденных сплошными рубками в комплексе с механической подсушкой перестойной осины. Отмечается, что более 90 % подроста основных лесобразующих пород является жизнеспособным. Это свидетельствует о высоком качестве проведения сплошных рубок и эффективности «кольцевания» перестойной осины как меры содействия естественному лесовозобновлению.

Ключевые слова: естественное лесовозобновление, сплошные рубки, меры содействия естественному лесовозобновлению, подсушка перестойной осины, жизнеспособный подрост, нежизнеспособный подрост.

Beliaeva N.V., Gryazkin A.V., Kovalev N.V., Fetisova A.A., Kasi I.A. THE ESTIMATION OF ASPEN DRYING INFLUENCE ON EUROPIAN SPRUCE REGENERATION.

The results of estimation of successfulness of natural forest renewal on plots with prevalence of aspen are adduced. It has been ascertained that preliminary and accompanying mechanical drying of aspen favour the increase of fir share in the structure of forming young forest up to 5-6 units. This fact allows to consider such economic measure as effective step of assistance for natural renewal of forest.

In the article the estimation of viability of young generation forest on plots exposed to compact felling in complex with mechanical drying of old aspen is given. It is noted that more than 90 % of young generation forest of main forming species is viable. It is the evidence of high quality of compact felling and efficiency of "girdling" of old aspen as measure of assistance to natural renewal of forest.

Key words: natural regeneration of forest, compact felling, measures of assistance to natural regeneration of forest, drying of old aspen, viable young generation of forest, not viable young generation of forest.

Дружинин Ф.Н. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЕЛЬНИКОВ РУБКАМИ ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ.

Выполнено комплексное исследование по установлению возможности восстановления темнохвойных формаций выборочными рубками. В работе рассматриваются рубки переформирования, выполненные на территории Белозерского района Вологодской области. На основе мониторинговых наблюдений определены количественные показатели господствующего яруса березы, II яруса и подроста ели. Выявлены особенности роста, осуществлена оценка производительности древостоя и определена лесоводственная эффективность рубок.

Ключевые слова: вторичные леса, рубки переформирования, интенсивность изреживания, метод рубки, отпускной диаметр, сохранность, состояние, повреждаемость древостоя.

Druzhinin F.N. THE RENEWAL OF SPRUCE FORESTS BY THE USE OF REFORMATION FELLINGS.

The complex research to state the possibility of dark spruce formations renewal through selection thinning has been fulfilled. The given paper deals with fellings reformation made on the territory of Belozersk district, Vologda region. On the basis of monitoring observations the quantitative indices of the dominating birch storey, the second one and spruce undergrowth have been defined. Growth peculiarities has been revealed, the value estimation of stand productivity has been carried out and forestry efficiency of fellings has been determined too.

Key words: second-growth forests, reformation fellings, thinning intensity, cutting method, sale diameter, retention, condition, forest stand damageability.

Демина Н.А., Файзулин Д.Х., Наквасина Е.Н. УТОЧНЕНИЕ ГРАНИЦ ЛЕСОСЕМЕННОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ЕЛИ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ.

На основе комплексного анализа роста и продуктивности климатипов ели в 4-х пунктах испытания географических культур разработаны предложения по уточнению действующего лесосеменного районирования на европейском Севере России.

Ключевые слова: ель, семена, географические культуры, лесосеменное районирование, корректировка границ.

Demina N.A., Fayzulin D.H., Nakvasina E.N. CLARIFICATION OF BORDERS OF SPRUCE FOREST SEED ZONING IN THE EUROPEAN NORTH.

On the basis of complex analysis of growth and productivity of spruce climatypes in 4 points of trial provenance tests there were made some offers on specification of an acting forest seed zoning on the European North of Russia.

Key words: spruce, seeds, provenance tests, forest seed zoning, adjustment of boundaries.

Сопушинский И.Н., Мельник П.Г. ФЕНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В УКРАИНЕ КЛЕНА-ЯВОРА *ACER PSEUDOPLATANUS* L.

Рассмотрены фено-экологические особенности роста и развития клена-явора в Украинских Карпатах и на границе ареала. Установлены закономерности смещения фенофаз развития на 3–5 дней через 100 м н.у.м. в Украинских Карпатах и их различия в наступлении на границе ареала, что является изоляционным барьером биогрупп деревьев клена-явора с ценной декоративной древесиной. Фенологические наблюдения клена-явора с высоты 800 и 1100 м н.у.м., высаженного в ботаническом саду НЛТУ Украины, показали, что фенофазы развития сохраняют смещение фенодаг и их разница в наступлении составляет от 5 до 10 дней.

Ключевые слова: фенология, экология, клен-явор, лесной древостой, осадки, температура.

Sopushynskyy I.N., Melnik P.G. PHENO-ECOLOGICAL FEATURES OF SYCAMORE *ACER PSEUDOPLATANUS* L. GROWING IN UKRAINE.

In the paper pheno-ecological characteristics of growth and development of sycamore growing in the Ukrainian Carpathians and on the border area has been considered. It was determined the relationships of the phenophase offset of 3-5 days at 100 m asl in the Ukrainian Carpathians and their differences on the border of growing area, which is an insulating barrier of sycamore biogroups with valuable decorative wood. Phenological observations of sycamore from the altitude 800 and 1100 m asl that has been planted in the botanical garden of NLTU Ukraine showed the offset of 5 to 10 days.

Key words: phenology, ecology, sycamore, wave-grained wood, forest stand, precipitation, temperature.

Шишкина О.К., Завистяева М.А., Рабцун А.С. НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ АНАЛИЗА ДНК ДЛЯ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ КЛОНОВ НА ЛСП СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ.

В статье рассказывается о молекулярно-генетическом методе, удобном для идентификации клонов древесных пород, и приводятся данные о его практическом использовании.

Ключевые слова: ДНК, анализ, сосна обыкновенная.

Shishkina O.K., Zavistjaeva M.A., Rabtsun A.S. SOME RESULTS OF PRACTICAL APPLICATION THE ANALYSIS OF DNA FOR GENETIC IDENTIFICATION ON FOREST SEED PLANTATION PINES ORDINARY.

This publication talk about molecular-genetic methods, which is convenient for identification clones of tree species, and includes data about its practical use.

Key words: DNA, analysis pines ordinary.

Сабо Е.Д., Карминов В.Н. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ И МЕСТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ.

В статье рассматриваются вопросы влияния лесохозяйственных мероприятий и внесения удобрений на естественное возобновление. Проанализировано совместное влияние на продуктивность соснового подроста осушения, лесовосстановительной рубки, бороздования, а также удобрения песком, торфом, известью и древесной золой.

Ключевые слова: почва, осушение, эффективность осушения, удобрения, подрост.

Sabo E.D., Karminov V.N. EFFICIENCY OF SILVICULTURAL PRACTICES AND LOCAL FERTILIZERS ON DRAINED LANDS.

The article in questions considers the influence of silvicultural actions and the application of fertilizers on natural renewal. Joint impact on drainage efficiency of pine undergrowth, the forest regeneration felling, furrowing, and also fertilizing by sand, peat, a lime and wood ashes are analyzed.

Key words: soil, drainage, efficiency of drainage, fertilizer, undergrowth.

Янковский А.А. ЧАСТНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ НА ЛЕС: АРЕНДА ЛЕСНЫХ УЧАСТКОВ.

В статье подробно рассмотрен такой способ использования лесов, как аренда, общие принципы регулирования, ограничения при сдаче лесов в аренду, определение размера арендной платы и другие актуальные вопросы.

Ключевые слова: лесной сектор, экономика, аренда, принципы регулирования, плата.

Yankovski A.A. PRIVATE PROPERTY ON THE WOOD: RENT OF WOOD LOTS.

In article such way of use of the woods, as rent, the general principles of regulation, restriction at delivery of the woods in rent, determination of the size of a rent and other topical issues is in detail considered.

Key words: wood sector, economy, rent, regulation principles, payment.

Васильев С.Б., Мартыненко О.В., Карминов В.Н., Горбунова Н.Н. ВИДЫ И АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СУБСТРАТОВ ЕГОРЬЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ФОСФОРИТОВ.

В статье, построенной на результатах агрохимических исследований, рассматривается возможность использования глауконитовых песков в качестве мелиоранта песчаных субстратов Егорьевского месторождения фосфоритов (ЕМФ).

Ключевые слова: рекультивация, мелиорация, фосфоритные месторождения, агрохимическая характеристика, глауконитовый песок.

Vasilyev S.B., Martynenko O.V., Karminov V.N., Gorbunova N.N. TYPES AND AGROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF SUBSTRATA IN EGORYEVSKY FIELD OF PHOSPHORITES.

The article based on results of agrochemical researches studies the possibility of use of glauconitic sands as an meliorant for sandy substrata in Egoryevsky field of phosphorites (EMF).

Key words: revegetation, melioration, phosphoritic fields, agrochemical characteristic, glauconitic sand.

Курамшин В.Я., Михайлов М.А. ПОТОМКИ СПРОСЯТ.

Статья посвящена сохранению лесов исторического значения и памятников природы. В тексте обоснована необходимость особого режима хозяйствования для этих природных объектов. Приведены данные по их количеству и площади. Содержащиеся в статье фрагменты исторического опыта российского лесопользования позволяют получить представление о возможных последствиях распространения на эти категории защитных лесов арендных отношений и практики лесных торгов.

Ключевые слова: леса исторического значения, памятники природы, сохранение

Kuramshin V.Ya., Mikhailov M.A. OUR DESCENDANTS WILL ASK.

The article deals with the preservation of the forests of historical value and natural monuments. In the text, the need of a specific mode of managing for these natural objects is proved. The information on their quantity and area is given. The article contains some fragments of the historical experience of the forest utilization development in Russia, which enable the reader to assess the possible consequences of the application of lease relations and forest auction practice to the protective forests of these categories.

Key words: forests of historical value, natural monuments, preservation.

Ветшева В.Ф., Сычев А.Н. ВЛИЯНИЕ РАСПИЛОВКИ В РАМНОМ ПОТОКЕ НЕСОРТИРОВАННЫХ БРЕВЕН НА ПОКАЗАТЕЛИ РАСХОДА ДРЕВЕСИНЫ.

Разработаны рекомендации повышения рентабельности процессов лесопиления ЛПК Сибири.

Ключевые слова: пиловочные бревна, постав, потери, выход пилопродукции, экспорт, рентабельность.

Vetshева V. F. Sychov A.N. THE INFLUENCE SAWING UP IN A FRAME STREAM OF UNASSORTED LOGS UPON INDICATORS OF WOOD CONSUMPTION.

The recommendations for increasing profitability of processes of sawing up of logs in a timber industry complex of Siberia have been developed.

Key words: Sawn wood, the scheme of sawing up, losses, production exit, export, profitability.

Рукомойников К.П., Анисимов С.Е. ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ПУТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ НА ПРИМЕРЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ РЕСПУБЛИКИ КОМИ.

Предметом исследования статьи является анализ вариантов совместного решения двух важных проблем: развитие топливно-энергетического комплекса и использование массы древесных отходов в лесных районах РФ на примере муниципальных образований Республики Коми.

Полученные результаты могут быть использованы для повышения эффективности функционирования лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств.

Ключевые слова: лесозаготовка, деревообработка, котельные, древесные отходы, теплоэнергетика, древесное топливо, топливная щепа, дрова, брикеты, пеллеты.

Rukomojnikov K.P., Anisimov S.E. SUBSTANTIATION OF EFFECTIVE WAYS OF USE OF WOOD RESIDUE ON AN EXAMPLE OF MUNICIPAL FORMATIONS OF REPUBLIC OF KOMI.

The subject of research of article is the analysis of variants of the joint decision of two important problems: development of a power system and use of weight wood residue in wood areas of Russian Federation on an example of municipal formations of Republic of Komі.

The received results can be used for increase of efficiency of functioning harvest and woodwork manufactures.

Key words: harvest, woodwork, boiler-houses, wood residue, power system, wood fuel, fuel chip, fire wood, wood-briquettes, wood-pellets.

Иванкин А.Н., Беляков В.А., Вострикова Н.Л., Куликовский А.В., Лиханова Л.М. ВЛИЯНИЕ НАНОМИКРОКОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ПРОДУКТОВ РАСПАДА ТЕРМОЛИЗИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ.

Показана зависимость содержания полиароматических углеводородов в продуктах от температурно-агрегатных условий глубокой переработки древесины при копчении. Выявлены индикаторы присутствия этих соединений, в качестве которых можно рассматривать восемь основных веществ – бенз[а]пирен, бенз[а]антрацен, бензо[б]флуорантен, бензо[к]флуорантен, бензо[ghi]перилен, хризен, дибенз[а, h]антрацен и индено[1,2,3-сd]пирен. Полученные данные по содержанию полиароматических углеводородов подтверждают необходимость учитывать этот показатель при разработке нормативной документации по безопасности и качеству пищевой продукции.

Ключевые слова: полициклические ароматические углеводороды, термолизируемая древесина.

Ivankin A.N., Belyakov V.A., Vostrikova N.L., Kulikovskiy A.V., Lihanova L.M. THE INFLUENCE OF NANO MICRO COMPOSITION OF TERMO DEGRADE WOOD SUBSTANCES ON THE SAFETY OF PROCESSED PRODUCTS.

It was investigated the dependence of polycyclic aromatic hydrocarbons in products from temperature and aggregate conditions of deep processing of smoke wood. It was identify indicators of the presence of these compounds which can be regarded as eight main substances – benzo [a] pyrene, benzo [a] anthracene, benzo [b] fluoranthene, benzo [k] fluoranthene, benzo [ghi] perilen, chrysene, dibenz [a, h] anthracene and indeno [1, 2, 3-cd] pyrene. The data on the content of polycyclic aromatic hydrocarbons confirmed the need to take into account when developing the regulatory documents on safety and quality of food products.

Key words: polycyclic aromatic hydrocarbons in smoke different woods.

Морозов А.М., Кононов Г.Н., Косарев К.Л., Кудряшов А.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСПИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ НАНОПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ.

В работе приведены результаты изучения нанопористой структуры продуктов переработки древесины методом сканирующей электронной микроскопии. Показана возможность использования тонкодисперсных порошков целлюлознолигнина и гидролизного лигнина в качестве основы комплексных сорбентов широкого спектра действия.

Ключевые слова: лигнин, целлюлозелигнин, сканирующая электронная микроскопия.

Morozov A.M., Kononov G.N., Kosarev K.L., Kudryashov A.V. USING OF SCANNING ELECTRON MICROSCOPY TO STUDYNG NANOPOROUS STRUCTURE PRODUCTS OF TIMBER PROCESSING.

In work results of studying nanoporous structure of timber processing products, using scanning electron microscopy. Shown the possibility of using fine powders tsello lignin and hydrolytic lignin as the basis of complex sorbents wide spector action.

Key words: lignin, tsello lignin, scanning electron microscopy.

Угрюмов С.А., Смирнов Д.А. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СВОЙСТВ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ НА ОСНОВЕ ФУРФУРОЛАЦЕТОНОВОГО МОНОМЕРА ФА.

Представлены результаты математической обработки результатов полнофакторного плана по оценке влияния основных технологических факторов на физико-механические характеристики древесно-стружечных плит повышенной

водостойкости на основе лиственной и хвойной стружки в качестве наполнителя, фуранового олигомера (фурфуролацетонного мономера ФА) в качестве связующего.

Ключевые слова: древесно-стружечная плита, фурановый олигомер, фурфурол-ацетонный мономер ФА, физико-механические характеристики, полнофакторный план, управляемые факторы, уравнение регрессии.

Ugryumov S.A., Smirnov D.A. COMPLEX RESEARCH OF PROPERTIES OF PLATES OF THE RAISED WATER RESISTANCE.

Results of mathematical processing of results of the full factorial plan are presented according to influence of the basic technology factors on physicomachanical characteristics of wood-shaving plates of the raised water resistance on the basis of a deciduous and coniferous shaving as a filler, gluing structure FA on a basis furfurole and acetone as the binding.

Key words: a wood-shaving plate, gluing structure FA on a basis furfurole and acetone, the physicomachanical characteristics, the full factorial plan, operated factors, the regress equation.

Руденко Б.Д., Прокопьева Д.П. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ЦЕМЕНТНОГО РАСТВОРА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ХАРАКТЕРА КИСЛОТНОСТИ ВОДЫ ЗАТВОРЕНИЯ.

Проведено исследование прочности цементного раствора при использовании воды затворения разной кислотности для выбранных пород древесины. Кроме того, исследовать влияние характера кислотности, который определяется использованием воды затворения двух видов, как экстракты древесины и как растворы кислот, органической и неорганической, соответственно соответствующим показателем рН.

Ключевые слова: прочность цементного раствора, водные экстракты.

Rudenko B.D., Prokopyev D.P. RESEARCH OF DURABILITY OF CEMENT MORTAR DEPENDING ON NATURE OF ACIDITY OF WATER.

Research of durability of cement mortar when using water of different acidity for the chosen breeds of wood is conducted. Besides, to investigate influence of nature of acidity which is defined by use of water of two types as extracts of wood and as solutions of acids, organic and inorganic, according to pH corresponding by an indicator.

Key words: durability of cement mortar, water extracts.

Прошина О.П., Иванкин А.Н., Капустина Е.А., Расев А.И. ВЛИЯНИЕ ПРОПИТКИ ОРГАНОСИЛОКСАНАМИ НА ГИДРОФОБНОСТЬ И ФОРМОУСТОЙЧИВОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ.

Определены теоретические и практические подходы к вопросу гидрофобизации и придания формоустойчивости древесины березы. Проведены сопоставительные исследования процесса пропитки древесины растворами кремнийорганических соединений, в качестве которых использовали гамма-аминопропилтриэтоксисилан и гексаметилсилан (растворы в гексане и уайтспирите), а также карбамидоформальдегидным сополимером и машинным маслом с последующей сушкой и показано, что пропитка древесины продуктом гамма-аминопропилтриэтоксисиланом (Z-6011) позволяет улучшить характеристики изделий из натуральной древесины.

Ключевые слова: органосилоксаны, древесины березы, пропитка

Proshina O.P., Ivankin A.N., Kapustina E.A., Rasev A.I. THE INFLUENCE OF IMPREGNATION ORGANOSILOKSANS ON THE HYDROPHOBY AND DIMENSIONAL STABILITY OF WOOD BIRCH.

The theoretical and practical approaches to the hydrophobization and stability of shape of birch wood was investigated. The process of impregnation of wood by solutions of silicone compounds, which used a gamma-aminopropyltriethoxysilan (Z-6011) and geksametilsilan (solutions in hexane and white spirit) was studied. The process allows to improve the performance of natural wood products.

Key words: organosiloksans, wood birch, impregnation.

Шамаев В.А., Губанова Н.В. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОПИТКИ ДРЕВЕСИНЫ ЖИДКОСТЬЮ.

На базе технических моделей, технических характеристик жидких модификаторов, с учетом современных способов введения в древесину жидкости смоделирован процесс пропитки древесины сосны и древесины дуба, имея в конечном результате либо изменение структуры древесины, либо требуемое содержание модификаторов в древесине.

Ключевые слова: древесина, жидкость, модель, пропитка, сосуд, пора, давление, температура, время.

Shamaev V.A., Gubanova N.V. THE THEORETICAL RESEARCHON THE PROCESS OF A WOOD IMPREGNATION WITH A FLUID.

In this article the process of the pine and the oak impregnation was modelled into consideration the modern methods of the introduction a fluid into a wood. Ultimately, either the wood's structure or the modifikator content in a wood were changed.

Key words: wood; fluid; model; impregnation; vessel; pore; pressure; temperature; time.

Шарапов Е.С., Karl-Christian Mahnert, Королев А.С. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕРМИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ.

Статья посвящена изучению физико-механических свойств термически модифицированной древесины сосны (*Pinus sylvestris*). Проанализированы существующие отечественные и зарубежные исследования в области изучения свойств термически модифицированной древесины. Разработана методика экспериментальных исследований, выявлены взаимодействия статического модуля упругости и предела прочности при статическом изгибе термически модифицированной древесины сосны. Представлены данные исследования циклического нагружения термически модифицированных образцов. Результаты исследований могут быть использованы для обоснования изменения исходных свойств древесины в ходе процесса термической обработки.

Ключевые слова: термически модифицированная древесина, статический модуль упругости, предел прочности при статическом изгибе, циклические нагрузки, усталость.

Sharapov E.S., Karl-Christian Mahnert, Korolev A.S. EXPERIMENTAL RESEARCHES OF THERMALLY MODIFIED PINE WOOD PROPERTIES.

Article is devoted to studying physic and mechanical properties of thermally modified pine wood (*Pinus sylvestris*). Current domestic and foreign researches in the field of thermally modified timber properties are analyzed. The technique of experimental researches is developed, interactions of thermally modified pine timber static module of elasticity and module of rupture are revealed. Researches of thermally modified samples cyclic loading process are submitted. Results of researches may be used for justification of initial timber properties changing during the thermal processing.

Key words: thermally modified timber, static modulus of elasticity, bending strength, cyclic loading, fatigue strength.

Горешнев М.А., Казарин А.Н., Лопатин В.В., Секисов Ф.Г., Смердов О.В. КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ.

В работе представлены результаты исследований распределения влажности и температуры при сушке кондуктивным, ВЧ электромагнитным полем и комбинированном способах нагрева при пониженном давлении. Скорость сушки комбинированным способом нагрева выше, чем кондуктивным способом, в 2 раза и выше, чем при ВЧ нагреве, в 1,5 раза при одинаковой вводимой энергии. Конечная влажность древесины при комбинированном способе значительно ниже, чем конечная влажность при сушке другими способами, а градиент влажности по толщине образца не превышает 5 %. По результатам исследований создана опытно-промышленная вакуумная сушилка с объемом загрузки 1 м³.

Ключевые слова: вакуумная сушка древесины, высокочастотный нагрев, кондуктивный нагрев, распределение влажности, комбинированный метод сушки.

Goreshnev M.A., Kazarin A.N., Lopatin V.V., Sekisov F.G., Smerdov O.V. THE COMBINED METHOD OF WOOD DRYING.

Research results of humidity and temperature distribution during drying using conductive, RF electromagnetic field and the combined method of heating under reduced pressure are presented. The rate of drying by the combined method of heating is twice higher than the conduction manner, and 1.5 higher times than RF heating, with the same energy input. The combined method gives much lower final moisture content of timber, than the final moisture content when other drying method we used, and humidity gradient of the samples thickness does not exceed 5 %. According to the results of experimental studies an industrial vacuum dryer with a load capacity of 1 m³ is designed.

Key words: vacuum drying of wood, high frequency heating, conductive heating, moisture distribution, the combined method of drying.

Лаур Н.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕБЕЛИ.

Статья посвящена карельской березе, имеющей самую декоративную древесину среди отечественных пород. Мебель из нее украшала царские дворцы. В настоящее время в Карелии выращивают карельскую березу гибридного происхождения.

Ключевые слова: карельская береза, древесина, мебель.

Laur N.V. USE OF THE KARELIAN BIRCH IN PRODUCTION OF FURNITURE.

The article is devoted to the use of Karelian birch, which has the most decorative timber of domestic breeds. Furniture made of wood adorned the royal palaces. Currently, the Republic of Karelia Karelian birch successfully grown hybrid origin.

Key words: Karelian birch, timber, furniture.

Полосухин К.А. ЗАТОЧКА ТВЕРДОСПЛАВНЫХ КРУГЛЫХ ПИЛ ПО БОКОВЫМ ГРАНЯМ.

В статье представлены результаты теоретических и производственных исследований процесса заточки пил по боковой грани. Благодаря полученным результатам появляется возможность увеличения срока службы пилы за счет заточки пилы по боковым граням.

Ключевые слова: заточка, круглые пилы, боковая грань, радиус затупления.

Polosuhin K.A. GRINDING HARD ON CIRCULAR SAWS EDGES.

The paper presents the results of theoretical research and production process for sharpening saws edges. Due to the results it is possible to extend the life of the saw blade sharpening due to the lateral faces.

Key words: grinding, circular saws, lateral side, the radius of blunting.

Григорьев И.В., Макуев В.А., Шапиро В.Я., Рудов М.Е., Никифорова А.И. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЦЕССА УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВОГРУНТА ПРИ ТРЕЛЕВКЕ ПАЧКИ ХЛЫСТОВ.

В статье представлена модель объемного уплотнения почвы волочащейся частью пачки трелевочной системы, позволяющая прогнозировать степень ее уплотнения в полосах, прилегающих к волокам, с учетом изменчивости трассы движения трактора.

Ключевые слова: трелевка, уплотнение почвы, трасса движения, поворот трактора.

Grigorev I.V., Makuev V.A., Shapiro V.J., Rudov M.E., Nikiforova A.I. CALCULATION OF PARAMETERS OF PROCESS OF CONDENSATION OF GROUND AT LOGGING THE PACK OF FULL-LENGTH LOGS.

In paper the model of volumetric condensation of ground by a dragged part of a pack skidding systems is presented, allowing to predict extent of its condensation in strips fitting to to whittle plates, in view of variability of a route of traffic of a tractor.

Key words: logging, condensation of ground, a route of traffic, turn of a tractor.

Клубничкин Е.Е., Клубничкин В.Е., Башкирцев Ю.В., Крылов В.М. ИЗМЕНЕНИЕ ДЛИНЫ ОПОРНО-АКТИВНЫХ УЧАСТКОВ ДВИЖИТЕЛЯ ГУСЕНИЧНОЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ С УЧЕТОМ РЕЖИМОВ НАГРУЖЕНИЯ.

Гусеничный движитель во многих случаях является наиболее целесообразным по сравнению с колесным движителем в различных почвенно-грунтовых условиях. Возможность применения гусеничного движителя зависит от конкретных производственных условий, применения в лесозаготовительном производстве, открывает пространство для математического моделирования. Данная статья посвящена анализу изменения длины опорно-активных участков движителя гусеничной лесозаготовительной машины с учетом режимов нагружения. Исследование представляет конкретные результаты, полученные экспериментально: во время движения по профилю пути с единичными, пороговыми, препятствием в оценке свойств маневренности гусеничного шасси и плавности хода.

Ключевые слова: гусеничный движитель, гусеничная машина, движение, матожидание, ходовая система.

Klubnichkin E.E., Klubnichkin V.E., Bashkirtsev Yu.V., Krylov V.M. CHANGING THE LENGTH OF SUPPORT-ACTIVE SITES TRACKED PROPULSOR FOREST MACHINE WITH LOADING MODE.

Caterpillar tracks in many cases, is the most appropriate for comparison with the paddle wheels in a variety of soil conditions. The possibility of using caterpillar drive depends on the specific operating conditions, the use in the timber industry, opens space for mathematical modeling. This article analyzes the change in the length of support-active sites mover track Harvester with the loading mode. The study presents results obtained experimentally: while driving on the road with a single profile, threshold, an obstacle in the evaluation of the properties tracked chassis agility and smoothness.

Key words: caterpillar tracks, tracked vehicle, movement, expectation, running gear.

Никитин В.В., Новоселов И.С. МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ СЕТИ ЛЕСНЫХ ДОРОГ В ЛЕСОСЫРЬЕВОМ МАССИВЕ.

В статье приводится описание методологии, позволяющей найти оптимальный вариант конфигурации лесотранспортных путей в лесосырьевом массиве с учетом различных дорожно-климатических факторов.

Ключевые слова: транспорт леса, транспортное освоение лесов, лесотранспортные системы, густота лесных дорог, математическая модель.

Nikitin V.V., Novoselov I.S. MODEL FOR OPTIMAL DEVELOPMENT OF FOREST ROADS NETWORK IN FOREST AREA.

The article describes a methodology that allows to find the optimal configuration of forest road network within forest areas taking in account various factors.

Key words: forest transportation, transportation development of forest lands, the density of logging roads, mathematical model.

Щербаков А.С., Савельев А.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ АВАРИЙ И СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА.

Рассмотрены методические основы определения экономического ущерба на предприятиях лесопромышленного комплекса и приведены основные профилактические мероприятия по предотвращению возможного ущерба от них.

Ключевые слова: техногенные и природные катастрофы, урбанизация, индустриализация, причины аварий, ущерб, балансовая стоимость, себестоимость.

Sherbakov A.S., Savelyev A.V., DETERMINATION OF ECONOMICAL DAMAGE FROM EMERGENCY AND NATURAL DISASTERS IN FORESTRY.

Methodical foundations of determination of economical damage from emergency and natural disasters in forestry are considered; the main preventive measures for avoidance of possible damage are specified.

Key words: techno genetics and natural disasters, urbanization, industrialization, emergency reasons, damage, balance cost, net cost.

Бутко Г.П., Запруднов В.И. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ.

В статье рассматриваются вопросы повышения инвестиционной привлекательности предприятия и выбора методик оценки этой привлекательности. Предложено комплексное использование метода дисконтированных будущих денежных потоков и метода реальных опционов. Исследование проводится на примере макетного предприятия.

Установлено, что для субъектов хозяйствования целесообразно применять концепцию управления стоимостью предприятия (VBM). В качестве универсального инструмента повышения эффективности инвестиционной деятельности предложено внедрение системы мониторинга инвестиционной привлекательности.

Ключевые слова: инвестиционная привлекательность, мониторинг.

Butko G.P., Zaprudnov V.I. ESTIMATION UPTURN IN INVESTMENT APPEAL ENTERPRISES ON THE MODERN STAGE.

In the article there are considered the questions of upturn in investment appeal of enterprises and discussed the choice of methods of assessment of investment appeal. Proposed combined use of method of discounted future cash flows and method of real options.

There is established that for enterprises it is reasonable to adopt Value Based Management conception. In the capacity of all-purpose instrument to increase effectiveness of investment activity, implementation of the system of monitoring of investment appeal proposed.

Key words: investment appeal, monitoring.

Афанасьев А.С., Домрачев В.Г., Комаров Е.Г., Полушкин В.М. МЕТОД КОНТРОЛЯ ВИБРОУСТОЙЧИВОСТИ МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЛИНЕЙНОГО УСКОРЕНИЯ ВО МНОЖЕСТВЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОРИЕНТАЦИЙ.

Представлен метод контроля виброустойчивости микроэлектромеханических преобразователей линейного ускорения во множестве пространственных ориентаций, методика и стенд для определения дополнительной нелинейности параметров микроэлектромеханических преобразователей линейного ускорения от воздействия вибрации на основе законов распределения вероятностей их статистических характеристик в нормальных условиях и условиях воздействия внешней вибрации во множестве пространственных ориентаций.

Ключевые слова: микроэлектромеханический преобразователь линейного ускорения, метод контроля, методика, виброустойчивость, нелинейность, закон распределения вероятностей.

Afanasyev A.S., Domrachev V.G., Komarov E.G., Polushkin V.M. CONTROL METHOD OF VIBROSTABILITY OF MICROELECTROMECHANICAL CONVERTERS OF LINEAR ACCELERATION IN THE SET OF SPATIAL ORIENTATIONS.

The control method of vibrostability of microelectromechanical converters of linear acceleration in a set of spatial orientations, a technique and the stand for determination of additional nonlinearity of parameters of microelectromechanical converters of linear acceleration from impact of vibration on the basis of laws of distribution of probabilities of their statistical characteristics in normal conditions and conditions of impact of external vibration in a set of spatial orientations is presented.

Key words: microelectromechanical converter of linear acceleration, control method, technique, vibrostability, nonlinearity, law of distribution of probabilities.

Комаров Е.Г., Тимошенко С.П., Шалимов А.С. МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЛИНЕЙНОГО УСКОРЕНИЯ С ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ.

В настоящее время емкостные МПЛУ находят все более широкое применение в различных областях техники. Использование их в качестве средства для ориентации позволяет эффективно управлять движением объектов различного назначения, что позволяет говорить о востребованности преобразователей и актуальности разработок систем на их основе. В результате проделанной работы был изготовлен опытный образец емкостного МПЛУ, обладающий конкурентоспособными параметрами, достигнутыми посредством введения компенсационной обратной связи.

Ключевые слова: микроэлектромеханический преобразователь линейного ускорения, обратная связь.

Komarov E.G., Timoshenko S. P., Shalimov A.S. THE MICROELECTROMECHANICAL CONVERTER OF LINEAR ACCELERATION WITH ELECTROSTATIC FEEDBACK.

Now capacitor microelectromechanical converter of linear acceleration find more and more broad application in various areas of equipment. Their use as means for orientation allows to operate effectively movement of objects of different function that

allows to speak about a demand of converters and relevance of development of systems on their basis. As a result of the done work the prototype of capacitor microelectromechanical converter of linear acceleration possessing competitive parameters, reached by means of introduction by compensation feedback was made.

Key words: microelectromechanical converter of linear acceleration, feedback.

Корольков А.В. О ПОВЕДЕНИИ СИСТЕМЫ ЖИДКОСТЬ–ГАЗ В УСЛОВИЯХ, БЛИЗКИХ К НЕВЕСОМОСТИ.

Применена механическая аналогия для описания поведения системы жидкость–газ в условиях невесомости. Акустическое воздействие на систему может ускорять процесс разрушения слоев жидкости между пузырями, что усиливает роль негравитационного механизма отрыва парового пузыря от нагревателя при пузырьковом режиме кипения.

Ключевые слова: упругость, масса, резонанс, нагрев, акустика, условия, близкие к невесомости, пузырьковый режим кипения.

Korolkov A.V. ABOUT BEHAVIOUR OF LIQUID-GAS SYSTEM IN THE NEAR WEIGHTLESSNESS CONDITIONS.

The mechanical analogy for description of a behaviour of liquid-gas system in the weightlessness conditions is applied. Acoustic influence on system can accelerate the destruction process of a liquid layers between bubbles. It strengthens a role of a non gravitational mechanism of a leaving of steam bubble from the heater at a bubble boiling.

Key words: elasticity, mass, a resonance, heating, acoustics, near weightlessness conditions, bubble boiling.

Полещук О.М., Малолепшая Н.Э. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗВЕШЕННЫХ ОТРЕЗКОВ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОГО КЛАССА ИНТЕРВАЛЬНЫХ НЕЧЕТКИХ ЧИСЕЛ ВТОРОГО ТИПА И ОПЕРАЦИЙ С НИМИ.

В статье предлагается метод определения взвешенных отрезков для специального класса интервальных нечетких чисел второго типа, нижней и верхней функциями принадлежности которых являются треугольные числа.

Ключевые слова: интервальные нечеткие числа второго типа, взвешенный отрезок.

Poleshchuk O.M., Malolepshaya N.E. THE DETERMINATION WEIGHTED INTERVALS FOR A SPECIAL CASE OF INTERVAL TYPE-2 FUZZY SETS AND OPERATIONS WITH THEM.

This paper presents a method of determination weighted intervals for a special case of interval type-2 fuzzy sets, low and upper membership functions of whose are triangular fuzzy numbers.

Key words – interval type-2 fuzzy sets, weighted interval.

Лось А.Б. О СКОРОСТИ СХОДИМОСТИ К ЗАКОНУ ПУАССОНА ЧИСЛА ДОСТИЖЕНИЙ ЗАДАННОГО УРОВНЯ ПРОЦЕССОМ СКОЛЗЯЩЕГО СУММИРОВАНИЯ.

В работе получены оценки расстояния по вариации между распределением числа достижений заданного уровня процессом $\xi_t(n) = X_t + \dots + X_{t+n-1}$, $t = 1, 2, \dots$, где $X_1, X_2, \dots, X_N, \dots$ – независимые, одинаково распределенные случайные величины, и соответствующим законом Пуассона.

Ключевые слова: скользящее суммирование, расстояние по вариации, закон Пуассона.

Los A.B. ON THE SPEED OF CONVERGENCE TO POISSON DISTRIBUTION NUMBER ATTAINMENT GIVEN VALUE PROCESS OF MOVING SUMMATION.

We investigate the distance by variation between distribution of number attainment given value process of moving summation $\xi_t(n) = X_t + \dots + X_{t+n-1}$, $X_1, X_2, \dots, X_N, \dots$ – independent equally distributed random variables, and Poisson distribution.

Key words: moving summation, distance by variation, Poisson distribution.

Гинкул Д.И. ВОЗМОЖНОСТЬ ПЕРЕДАЧИ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ОБРАТНОМ РАДИОКАНАЛЕ КОМАНДНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ПРЯМОЙ МАНИПУЛЯЦИИ НЕСУЩЕЙ ЧАСТОТЫ.

В данной статье рассматривается задача возможности передачи телеметрической информации в обратном радиоканале командно-измерительной системы на основе метода прямой манипуляции несущей частоты. Рассмотрен основной метод совмещения в радиоканале «борт–земля» (обратный канал) информационных потоков квитанционной информации и телеметрической информации.

В статье изложена суть проблемы совмещения в радиоканале «борт–земля» (обратный канал) информационных потоков командно-измерительной информации и телеметрической информации, выбрано и обосновано средство ее решения.

Решение поставленной задачи показано на схеме модулятора бортовой аппаратуры командно-измерительной системы, которая способна реализовать поставленную задачу.

Ключевые слова: модуляция, несущая частота, телеметрическая информация, командно-измерительная система, обратный канал, квадратура, манипуляция.

Ginkul D.I. THE ABILITY TO TRANSMIT TELEMETRY IN THE REVERSE OF RADIO CHANNEL COMMAND-MEASURING SYSTEM ON THE BASIS OF DIRECT MANIPULATION OF THE CARRIER FREQUENCY.

In this paper, we consider the possibility of the transmission of telemetry data in the reverse radio channel of command-measuring system on the basis of direct manipulation of the carrier frequency. The main methods of combining the radio channel «air-ground» (reverse link) information flows kvitantsionnoy information and telemetry data.

The article describes the problem of combining the radio channel «air-ground» (reverse link) command and information flow measurement data and telemetry data, selected and reasonable means of solving it.

Solution to the problem shown in the modulator circuit board equipment command-measuring system that is able to implement the task.

Key words: modulation, carrier frequency, telemetry data, command and measurement system, a return channel, quadrature, manipulation.

Скорняков В.А., Зеленов Д.А. НЕЙРОМОДЕЛЬ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА В ЗАДАЧЕ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАСХОДОВАНИЯ РЕСУРСОВ БОРТОВЫХ СИСТЕМ.

Рассмотрены вопросы автоматизации процесса планирования расходования ресурсов бортовых систем космических аппаратов на принципах самоорганизации и нейросетей с использованием подходов системного анализа и теории управления большими системами.

Ключевые слова: космический аппарат, ассоциативные связи, автоматизация, математическая модель, планирование, ресурс.

Skorniyakov V.A., Zelenov D.A. NEYROMODEL SPACECRAFT IN THE PROBLEM OF OPERATIONAL PLANNING BOARD OF THE PERFORMANCE OF RESOURCES.

The problems of automating the process of resources planning systems on board the spacecraft on the principles of self-organization and neural networks using the approaches of systems analysis and control theory of large systems.

Key words: spacecraft, associative links, automation, mathematical model, planning, resource.

Мышенков В.И. ОБРАЗОВАНИЕ БОКОВОГО ОТРЫВА ПОТОКА ПРИ ПОДЪЕМЕ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.

Приводятся результаты отрывного течения, возникающего на боковой поверхности летательного аппарата вследствие взаимодействия струи маршевого двигателя со спутным воздушным потоком ($0.5 \leq M_\infty \leq 4$) при степенях нерасчетности $25 \leq n \leq 100$ с использованием полных уравнений Навье–Стокса. Исследуется динамика развития отрывного течения, приводятся зависимости газодинамических и геометрических параметров отрывной зоны от степени нерасчетности струи и числа Маха спутного потока.

Ключевые слова: боковой отрыв, равновесная температура стенки, давление, отрывная область, числа Маха, Рейнольдса.

Myshenkov V.I. FORMATION OF LATERAL BREAKAWAY FLOW WITH RAISE OF FLYING VEHICLE.

The study results of a separated flow originating on a side flight vehicle surface due to the interaction of a sustainer jet with a cocurrent air flow ($0.5 \leq M_\infty \leq 4$) at the ratio of nozzle to ambient pressure of $25 \leq n \leq 100$ applying the complete Navier–Stokes equations are given.

Key words: lateral breakaway flow, equilibrated temperature of wall, pressure, region of separation, numbers of Mach, Reynolds.

Мышенков В.И., Е.В. Мышенкова Е.В. РАСЧЕТ ОБТЕКАНИЯ НЕКОТОРЫХ АППАРАТОВ С РАБОТАЮЩЕЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ.

Приводятся результаты численного исследования ламинарного обтекания летательного аппарата с работающим двигателем на основе уравнений Навье–Стокса в целом путем разбиения процесса решения на два этапа. Вначале решается задача обтекания передней части аппарата без струи в донной части. А на втором этапе полученное решение (в некотором сечении) используется в качестве левого граничного условия для решения задачи обтекания остальной части аппарата с работающим двигателем. Исследовано образование и развитие переднего, кормового и донного отрывов и их слияние при обтекании аппаратов рассматриваемых форм (цилиндроконической и эллиптическо-цилиндрической).

Ключевые слова: боковой отрыв, донный отрыв, равновесная температура стенки, давление, скорость потока, струя, поток, отрывная область, числа Маха, число Рейнольдса.

Myshenkov V.I., Myshenkova E.V. CALCULATION OF A FLOW AROUND A CERTAIN AIRCRAFT WITH A PROPULSION SYSTEM.

The results of numerical study of laminar flow of an aircraft with the engine running on the basis of the Navier – Stokes equations in the whole by dividing the solution process in two stages. First solves the problem of flow around the front of the unit without the jets in the bottom of. And at the second stage, the obtained solution (in a cross-section) is used as the left-hand boundary condition for the solution of the problem of flow around the rest of the parts of the machine with the engine running. Studied education and development front, fodder and bottom layer and merge them with the flow of the apparatus of the considered form.

Key words: lateral separation, bottom separation, the equilibrium temperature, pressure, flow rate, jet, stream, region of separation, Mach numbers and Reynolds number.

Ильющенко И.С., Денисова Л.А. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СТАБИЛИЗАЦИИ ВОЗВРАЩАЕМОГО АППАРАТА ТИПА «ФАРА» ПРИ СПУСКЕ В АТМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ.

В статье вводятся базисы, используемые для построения алгоритма стабилизации возвращаемого аппарата типа «фара» при спуске в атмосфере Земли. Производится постановка задачи стабилизации в терминологии теории дифференциальных игр с последующей классификацией по типу минимизируемого функционала; по типу и количеству игроков-противников.

Ключевые слова: космос, спускаемый аппарат, алгоритм, стабилизация, атмосфера.

Iljushchenko I.S., Denisova L.A. DEFINITION OF THE PROBLEM OF STABILIZATION OF RECOVERY CAPSULE OF THE «LAMP» TYPE DURING THE DESCENT TO THE EARTH'S ATMOSPHERE.

In this article we introduce the bases used to construct the stabilization algorithm of recovery capsule of the «lamp» type during the descent to the Earth's atmosphere. Definition of the problem of stabilization is performed in the terminology of the theory of differential games, followed by classification by type of functional to be minimized, according to the type and number of players – opponents.

Key words: cosmos, recovery capsule, algorithm, stabilization, atmosphere.

Сигалов И.Е., Урошлев Л.А. О РАСПРОСТРАНЕНИИ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕШЕНИЯ КВАЗИПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ.

В работе рассмотрена задача Коши для квазипараболического уравнения, найдено ее решение и рассмотрены особенности этого решения.

Ключевые слова: квазипараболические уравнения, особенности решения, уравнения в частных производных.

Sigalov I.E., Uroshlev L.A. ABOUT FEATURES EXPANSION OF SOLUTION A QUASIPARABOLIC EQUATION.

In article view a Cauchy problem for quasiparabolic equation, find it solution and view a particulars of that solution.

Key words: quasiparabolic equation, particulars of solution, partial differential equations.

Санаев В.Г., Степанов И.М., Запруднов В.И., Панферов В.И., Третьяков А.Г., Манович В.Н. МЕЖОТРАСЛЕВОЙ ОБЪЕДИНЕННЫЙ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ТЕХНОЛОГИИ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЛЕСА» – ИННОВАЦИОННАЯ ФОРМА ИНТЕГРАЦИИ НАУКИ, ПРОИЗВОДСТВА И ОБРАЗОВАНИЯ В ЦЕЛЯХ УСКОРЕННОГО РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЛЕСА.

В статье предлагается решение по выбору принципов построения межотраслевого объединенного национального исследовательского центра «Технологии аэрокосмического мониторинга леса». Рассматриваются задачи и структура национального исследовательского центра «Технологии аэрокосмического мониторинга леса». Предлагается для масштабной связи науки, производства и образования расширить и углубить сотрудничество вузов и предприятий отрасли путем привлечения профильных вузов и предприятий отрасли к работе в национальном исследовательском центре «Технологии аэрокосмического мониторинга леса» на ассоциативной основе.

Ключевые слова: аэрокосмический мониторинг леса, качество систем аэрокосмического мониторинга, потребительские качества систем аэрокосмического мониторинга.

Sanaev V.G., Stepanov I.M., Zaprudnov V.I., Panferov V.I., Tretyakov A.G., Manovich V.N. INTERBRANCH UNAITED «NATIONAL RESEARCH CENTER «AEROSPACE TECHNOLOGY MONITORING FOREST» – AN INNOVATIVE FORM OF INTEGRATION OF SCIENCE, PRODUCTION AND EDUCATION TO ENHANCE THE DEVELOPMENT AEROSPACE TECHNOLOGY FOREST MONITORING.

The article proposes a solution of choice principles of the National Research Center «Technology aerospace monitoring forests», considers the purpose and structure of the National Research Center «Technology aerospace monitoring forests.» Proposed for a large-scale communication science, industry and education to broaden and deepen the cooperation of universities and the industry by attracting specialized universities and the industry to work with the National Research Center «Technology Aerospace Monitoring Forest» on an associative basis.

Key words: aerospace monitoring of forests, technical qualities of aerospace monitoring systems, consumer qualities of aerospace monitoring systems.

Дмитриев В.П., Якопов Г.Л. РАСЧЕТ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ БЕЗАБЕРРАЦИОННОЙ ОПТИКИ И ИДЕАЛЬНОЙ СРЕДЫ.

Расчет оптической приемо-передающей системы. Определение соотношения между оптической мощностью излучателя и пороговой мощностью фотоприемного устройства для надежной передачи данных.

Ключевые слова: оптическая атмосферная связь, погодные условия, надежность связи, динамический диапазон.

Dmitriev V.P., Yakopov G.L. CALCULATING OF WIRELESS OPTICAL ATMOSPHERIC DATA TRANSFER SYSTEM WFTL NONABERRATIONAL OPTICAL DEVICES AND IDEAL ATMOSPHERE.

The article includes a calculation of a system of optical transceivers and estimates ratio of oscillator emissive power to receiver limit power to gain a better transmission.

Key words: optical atmospheric connection, weather conditions, connection reliability, dynamic range.

Суханов В.С., Левин А.Б., Никитин В.В., Кашуба В.В., Шереметьев Д.В., Новоселов И.С. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ СИСТЕМНОГО СРАВНИТЕЛЬНОГО ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПО КРИТЕРИЮ «ЗАТРАТЫ–ЭФФЕКТИВНОСТЬ» АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ ОБУСТРОЙСТВА ЛЕСНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ.

В статье приводятся функциональные возможности разработанной компьютерной программы, позволяющей проводить системный сравнительный технико-экономического анализа по критерию «Затраты–эффективность» альтернативных вариантов обустройства лесной транспортной инфраструктуры. Программа позволяет вести расчет инвестиций и эксплуатационных затрат в транспортные коммуникации, транспортные средства, вычислять критерии эффективности по чистому доходу и индексу доходности.

Ключевые слова: лесозаготовительная промышленность, лесная транспортная инфраструктура, лесовозные дороги, узкоколейные железные лесовозные дороги, технология строительства лесовозных дорог, авиационно-гибридный лесовозный транспорт, концепт-модель создания лесной транспортной инфраструктуры, сравнительный анализ концепт-моделей.

Sukhanov V.S., Levin A.B., Nikitin V.V., Kashuba V.V., Sheremetyev D.V., Novoselov I.S. A MATHEMATICAL MODEL FOR THE SYSTEM OF COMPARATIVE TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS IN TERMS OF «COST-EFFECTIVENESS» OF ALTERNATIVE TIMBER TRANSPORT INFRASTRUCTURE FACILITIES

This article describes the functionality opportunities developed software to enable a systematic comparative techno-economic analysis in terms of «cost-effectiveness» of alternative timber transport infrastructure facilities. The program allows to estimate costs and investments in transport facilities, vehicles, to estimate the performance criteria on net income and profitability index.

Key words: timber industry, logging, timber transport infrastructure, logging roads, road forest roads, temporary forest roads, logging roads year-round action, aviation and hybrid vehicles.

Хайбулина К.В. ВНЕДРЕНИЕ ИКТ В ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ БИОЛОГИИ В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЕ.

В данной работе обоснованы и определены возможности применения средств информатизации в учебном процессе на уроках биологии. Автором представлена история развития и основные этапы внедрения ИКТ в процесс обучения биологии в общеобразовательной школе. Разработаны методические рекомендации по применению современных средств ИКТ, способствующих повышению эффективности обучения биологии.

Ключевые слова: компьютер, информатизация, компьютерные технологии, наглядность, тесты, методика, компьютерная программа.

Khaybulina K.V. INTRODUCTION INFORMATION COMMUNICATION TECHNOLOGIES AT STUDYING BIOLOGY.

This particular work defines the use of the means of ICT in biology classes in secondary school. The author presents the methodology of organizing cognitive activity of secondary school student with the of ICT in biology classes. A set methodical recommendations of using ICT has been developed.

Key words: computer, information, computer technologies, presentation, tests, technique, the computer program.

Егоров В.Г. КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИЯ КООПЕРАЦИИ В СОВРЕМЕННОМ ЭКОНОМИЧЕСКОМ ЗНАНИИ.

В статье предпринята попытка методологического осмысления места кооперации в современном экономическом знании. Концептуализация кооперации в экономической теории представлена автором как интеграция отдельных аспектов научных взглядов в синкретическую производную, позволяющую понять роль кооперативной организации в цивилизационном пространстве и современных экономических трендах.

Ключевые слова: кооперативная форма организации экономики, методология индивидуализма, институциональная теория, праксеология, кооперативная теория.

Egorov V.G. KONTSEPTUALIZVATION OF COOPERATION IN MODERN ECONOMIC KNOWLEDGE.

In article attempt of methodological judgment of a place of cooperation in modern economic knowledge is made. Cooperation conceptualization is presented in the economic theory by the author as integration of separate aspects of scientific views into the synergetic derivative, allowing to understand a role of the cooperative organization in civilization space and modern economic trends.

Key words: cooperative form of the organization of economy, individualism methodology, institutional theory, prakseologiya, cooperative theory.

Салун М.Н. ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ПОНЯТИЙНОГО АППАРАТА ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ МОДЕРНИЗАЦИИ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ.

Предложен алгоритм обоснования терминологического поля научного исследования с выделением иерархии используемых понятий на основе применения метода опорных векторов. Действие алгоритма апробировано при формировании матрицы базовых и производных понятий модернизации ресурсного потенциала предприятия.

Ключевые слова: понятийный аппарат, базовое понятие, производное понятие, иерархия понятий, матрица понятий.

Salun M.N. FORMING THE MODEL OF RESEARCH KEY CONCEPT ON THE EXAMPLE OF MODERNIZATION OF ENTERPRISE RESOURCE POTENTIAL.

The algorithm for ground the terminology field of scientific research for hierarchy selection of in-use concepts on the application of supporting vectors method is offered. The action of algorithm is approved in forming of base and derivative concepts of modernization of enterprise resource potential matrix.

Key words: key concept, base concept, derivative concept, hierarchy of concepts, concepts matrix.

Ларина Н.В. КОМБИНИРОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНО И ГОРИЗОНТАЛЬНО ИНТЕГРИРОВАННЫХ БИЗНЕС-СТРУКТУР ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ КОРПОРАЦИЙ.

В статье рассмотрены корпоративные структуры, функционирующие в лесном секторе экономики России. Показана возможность извлечения синергетического эффекта за счет комбинирования вертикально и горизонтально интегрированных бизнес-структур лесопромышленных компаний.

Ключевые слова: корпорация, холдинг, компания, лесопромышленный комплекс.

Larina N.V. THE COMBINATION OF VERTICALLY AND HORIZONTALLY INTEGRATED BUSINESS STRUCTURES OF TIMBER CORPORATIONS.

The article deals with corporate entities operating in the forestry sector in Russia. The possibility of extracting synergies by combining vertically and horizontally integrated busi-nesses forest products companies.

Key words: corporation, holding company, timber industry.

Никишов В.Д., Мерзленко М.Д., Мельник П.Г. СЛАВНЫЙ УЧЕНЫЙ, ИССЛЕДОВАТЕЛЬ И ПЕВЕЦ ПРИРОДЫ БЕЛОМОРЬЯ (65 лет со дня рождения профессора Николая Алексеевича Бабича).

Работа посвящена 65-летию юбилею профессора кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов Северного (Арктического) федерального университета, Заслуженному работнику высшей школы РФ, академику РАН, доктору сельскохозяйственных наук, известному ученому в области лесокультурного дела, лесоводу, педагогу, энциклопедисту, популяризатору бореальных лесов России – Николаю Алексеевичу Бабичу. Н.А. Бабич является достойным учеником и продолжателем лесных традиций известного ученого-лесокulturника и лесоведа-историка № 1 профессора Г.И. Редько. Значительный вклад профессор Бабич Н.А. внес в подготовку научных кадров: 21 кандидат, 1 доктор наук. Профессор Н.А. Бабич является заместителем председателя диссертационного совета Д 212.008.03, заместителем главного редактора «Лесного журнала». Ученый опубликовал 250 работ, в том числе 47 книг, учебников и учебных пособий, 200 оригинальных научных статей в известных журналах. Его монографии и учебники неоднократно являлись победителями всероссийских, областных и университетских конкурсов и отмечены дипломами.

Ключевые слова: Николай Алексеевич Бабич, лесные культуры, бореальные леса, Северный (Арктический) федеральный университет, «Лесной журнал».

Nikishov V.D., Merzlenko M.D., Melnik P.G. GLORIOUS SCIENTIST, RESEARCHER AND SINGER TO THE NATURE OF THE WHITE SEA REGION (the 65th anniversary of Nikolay Alekseevich Babich's birth).

The work is dedicated to the 65th anniversary of Nikolay Alekseevich Babich, Doctor of Agricultural Science and professor of the Department of Forest Crops and Landscape Architecture of Northern (Arctic) Federal University. Nikolay Babich is the Honorary Figure of Russian Higher Education, academician of the Russian Academy of Natural Sciences and a famous scientist in the field of silviculture, forester, educator, encyclopedist and popularisator of boreal forests in Russia. A decent disciple and successor to the famous siviculturer and silvicultural historian G. I. Redko, Babich made a great contribution to the staff training, among them are 21 Candidate and 1 Doctor of Science. Professor Babich is a Deputy Chairperson of the Dissertation Council D 212.008.03 and Deputy Chief Editor of the "Forest Journal". The scientist published 250 works, including 47 books, manuals and study guides, 200 scientific articles in famous journals. His monographs frequently won all-Russian, regional and university competitions and were awarded diplomas.

Key words: Nikolay Alekseevich Babich, forest crops, boreal forests, Northern (Arctic) Federal University, the "Forest Journal".