

Вестник Московского
государственного
университета леса

Лесной вестник

ISSN 1727-3749

2010 № 5 (74)

- *Лесоводственные аспекты исследования рекреационных лесов*
- *Повышение результативности выращивания лесных культур посадочным материалом с закрытой корневой системой*
- *Проблемы использования растений-экзотов в лесных культурах и в озеленении*
- *Изменение флористического разнообразия после выборочных рубок в ельниках черничных*
- *Биотопливо в лесных машинах*
- *Оценка эргономического качества лесовозных автомобильных дорог*
- *Тепловыделение древесины различного эксплуатационного возраста*
- *Проблема переработки древесно-растительных отходов*
- *Технология гибких информационно-моделирующих систем в микроволновом мониторинге природных процессов*



СОДЕРЖАНИЕ

Лесное хозяйство

Обыдёнников В.И., Юдакова А.С., Абдураимова Э.М.	<i>Лесоводственные аспекты исследования рекреационных лесов</i>	4
Родин С.А., Родин А.Р.	<i>Повышение результативности выращивания лесных культур посадочным материалом с закрытой корневой системой</i>	7
Гиниятуллин Р.Х.	<i>Средоочищающие функции тополя бальзамического и березы повислой в условиях промышленного загрязнения</i>	10
Лебедев Е.В.	<i>Фотосинтез, минеральное питание и биологическая продуктивность растений березы повислой и сосны обыкновенной при совместном выращивании</i>	15
Горичев Ю.П., Давыдычев А.Н., Кулагин А.Ю.	<i>Жизненное состояние ели сибирской (Picea obovata ledeb.) и пихты сибирской (Abies sibirica ledeb.) в Южно-Уральском государственном природном заповеднике</i>	20
Соколов П.А., Малышев В.С., Петров А.А., Поздеев Д.А.	<i>Анализ строения березняков Прикамья по диаметру стволов и фитомассе (на примере Удмуртии)</i>	23
Глазун И.Н., Скок А.В., Самошкин Е.Н.	<i>Воздействие хронического ионизирующего излучения на посевные качества семян сосны обыкновенной в районе хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части РФ (Брянская область)</i>	28
Жуков А.М.	<i>Проблемы использования растений-экзотов в лесных культурах и в озеленении</i>	32
Климачева Т.В.	<i>Эколого-лесоводственная оценка природного парка «Шаркан» Удмуртской республики</i> ...38	
Сурсо М.В., Барзут О.С.	<i>Особенности роста и развития хвойных в Большеземельской тундре. Ель в урочище Пым-ва-шор</i>	42
Бурова Н.В., Торбик Д.Н., Феклистов П.А.	<i>Изменение флористического разнообразия после выборочных рубок в ельниках черничных</i>	49
Новикова У.Е.	<i>Опыт выращивания сеянцев дуба красного в условиях Подмосковья</i>	52
Захарова Л.И.	<i>Оценка репродуктивной способности представителей рода клен (acer l.) в условиях Нижегородской области</i>	55
Иванов А.В.	<i>Температурная обусловленность ростовых процессов у ели в географических культурах южной подзоны тайги</i>	60
Майорова Е.И.	<i>Современное состояние законодательства о защитных лесах (на примере Москвы и Московской области)</i>	62
Кругляк В.В.	<i>Парки санаториев и курортов России (на примере центрально-черноземных областей)</i> ..66	
Котова А.В.	<i>Разработка методики эстетической оценки и прогноз состояния насаждений в ботанических экспозициях (на примере экспозиций дендрария ГБС РАН)</i>	72

Лесонженерное дело

Якимович С.Б., Тетерина М.А.	<i>Управление схемами работы машин в обрабатывающе-транспортных лесозаготовительных системах</i>	78
Афоничев Д.Н.	<i>Алгоритм расчета в системе автоматизированного проектирования оптимальных параметров размещения лесовозных веток и усов</i>	82
Дроздовский Г.П., Шоль Н.Р., Юсенхан В.И.	<i>Обоснование направления проектирования структуры гидросистемы управления оборудованием лесных машин</i>	86
Дац Ф.А., Назаренко А.С.	<i>Исследование характера эксплуатационных отказов рукавов высокого давления на эффективность работы машин фирмы Джон Дир в условиях Вологодской области</i>	90
Прохоров В.Ю., Родионов А.И.	<i>Определение толщины УУКМ в подшипниках скольжения технологического оборудования</i>	95
Бурмистрова О.Н., Шоль Н.Р., Травин Н.Н.	<i>Динамика валочно-пакетирующей машины в режиме преодоления препятствия методом «вывешивания»</i>	99

Бурмистрова О.Н., Шоль Н.Р., Травин Н.Н.	<i>Методика экспериментальных исследований валочно-пакетирующей машины</i>	101
Михалин П.А.	<i>Повышение эффективности стендовых испытаний турбокомпрессоров, прошедших капитальный ремонт</i>	103
Акинин Д.В., Прохоров В.Ю.	<i>Биотопливо в лесных машинах</i>	106
Руденко И.И.	<i>Испытание дизеля на биотопливе с использованием «мотортестера мо 3-2»</i>	110
Болотов О.В.	<i>Система информационного обеспечения принятия решений при планировании рационального лесопользования</i>	118
Борисов В.А., Казначеева Н.И., Свиридов О.В., Чуваев А.Ю.	<i>Оценка эргономического качества лесовозных автомобильных дорог</i>	127
Скрышников А.В., Свиридов О.В., Чуваев А.Ю., Рязанцева М.И.	<i>Благоприятная дорожно-транспортная ситуация для въезда одиночных лесовозных автопоездов на автомобильную дорогу или съезда с нее</i>	130
Игнатов В.И.	<i>Основные тенденции создания эксплуатационных и ремонтных документов</i>	133
Деревообработка и химические технологии		
Асеева Р.М., Серков Б.Б., Сивенков А.Б., Дегтярев Р.В., Круглов Е.Ю., Тарасов Н.И.	<i>Тепловыделение древесины различного эксплуатационного возраста</i>	139
Самолдин А.Н., Багатурян В.В.	<i>Проблема переработки древесно-растительных отходов (на примере г. Москвы)</i>	144
Лукин М.В.	<i>Повышение эффективности использования древесины в композитных деревоклееных балках</i>	148
Тарасов С.М., Азаров В.И., Кононов Г.Н., Иванова А.М.	<i>Катионные крахмалы – перспективные модификаторы аминоальдегидных олигомеров</i>	152
Математическое моделирование		
Бурков В.Д., Потапов В.Т., Потапов Т.В., Удалов М.Е.	<i>Волоконно-оптические датчики физических величин на основе низкокогерентной интерферометрии</i>	157
Бурков В.Д., Черемисин М.В.	<i>Технология гибких информационно-моделирующих систем в микроволновом мониторинге природных процессов</i>	161
Комаров Е.Г.	<i>Распознавание состояний объектов на основе их рейтинговых оценок</i>	171
Комаров Е.Г.	<i>Построение систем эталонных характеристик при проведении сравнительного анализа информации образовательного процесса</i>	175
Дорошенко В.А., Друк Л.В.	<i>Математическое описание компоновки технологической структуры первичной обработки древесного сырья</i>	178
Иванова М.Э.	<i>Применение ГИС-технологий для проектирования лесных дорог</i>	185
Экономика		
Дашков А.А., Судаков К.А.	<i>Маркетинговая деятельность компаний сегмента рынка В2В</i>	191
Дашков А.А., Демидов Г.М.	<i>Анализ моделей мебельного рынка с использованием цепочки ценностей Портера</i>	198
Прешкин Г.А.	<i>Затратный подход к оценке лесных благ</i>	203

ЛЕСОВОДСТВЕННЫЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЛЕСОВ

В.И. ОБЫДЁННИКОВ, *проф. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ*,
А.С. ЮДАКОВА, *асп. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ*,
Э.М. АБДУРАИМОВА, *студентка*

caf-lesovod@mgul.ac.ru

Вопросы рекреационного лесопользования и его последствия издавна привлекали внимание исследователей: экологов, лесоводов, почвоведов и других смежных областей знаний лесной науки. Методики изучения состояния рекреационных лесов чаще всего были связаны с экологией и лесоводством. В последнее время при комплексном решении проблемы рекреационных лесов все шире стали использоваться в исследованиях приемы и методы, принятые в лесоведении и лесоводстве. Однако до сих пор они недостаточно применялись в рекреационном лесопользовании. Анализ литературных источников [3, 4, 7, 8] и результаты наших исследований [6] позволили обосновать и предложить некоторые лесоводственные аспекты методики исследований последствий рекреационных нагрузок.

Известно, что вопросы рекреационных лесов и рекреационного лесопользования являются составной частью проблемы экологической продуктивности лесов. Понятие об экологической продуктивности лесов впервые предложил акад. И.С. Мелехов [3]. По его мнению, экологическая продуктивность леса определяется оценкой его средообразующей роли, защитных свойств, возможностей техногенных и рекреационных нагрузок.

Важное значение для более глубокого изучения и познания природы рекреационных лесов и их взаимосвязей с характером рекреационных нагрузок имеет учение В.Н. Сукачева о лесных биоценозах (лесная биогеоценология) [10] и современные научные направления в лесной типологии – генетическая [1] и динамическая [2].

Состояние рекреационного потенциала насаждений и его оценку целесообразно выявлять на разных уровнях в пространстве и времени. В пределах определенного региона или национального и природного парка важно оценить состояние рекреационно-

го потенциала лесов как в целом, так и на уровне лесного биогеоценоза (или его типа) и на ландшафтном уровне. При этом следует учитывать площадь лесов, занимаемую каждым типом леса в пределах определенного типа ландшафта. Показатель ценности рекреационного потенциала лесов каждого типа ландшафта определяется следующим образом: сумма произведений показателя ценности и площади лесов всех типов леса делится на общую площадь лесов определенного ландшафта. Аналогичным образом устанавливается показатель ценности региона природного или национального парка. При этом в качестве поправки для каждого типа ландшафта вводится коэффициент, характеризующий особенности рекреационного потенциала в целом по каждому типу ландшафта. Оценка рекреационного потенциала лесов на разных уровнях приведена в табл. 1. Она построена на принципиальных теоретических положениях Л.П. Рысина и С.Л. Рысина [8].

Научный и практический интерес для оптимизации рекреационного лесопользования представляет разработанная С.Л. Рысиным [8, 9] методика определения рекреационного потенциала лесных насаждений. Важнейшими элементами этого потенциала являются привлекательность, комфортность и устойчивость насаждений к рекреационным нагрузкам. Означенные элементы потенциала в основном отражают качество условий для отдыха населения, т.е. связаны с экологией человека. При изучении рекреационных лесов и оценке их рекреационного потенциала придается большое значение устойчивости лесов в связи с рекреационным воздействием. Однако они недостаточно характеризуют целостное состояние лесных экосистем и их динамику. Поэтому потребуются введение дополнительного элемента рекреационного

потенциала. Таким элементом, на наш взгляд, может служить стадия депрессии лесных насаждений, которая объективно отражает динамику качественного целостного состояния лесных насаждений и наряду с рекреационной нагрузкой зависит от природы (биологии и экологии) леса. С учетом стадии депрессии шкала оценки рекреационного потенциала С.Л. Рысина примет следующий вид (табл. 1). При этом оценку рекреационного потенциала, видимо, следует давать на каждом этапе формирующегося типа леса (по И.С. Мелехову [3]).

С характером воздействия рекреационных нагрузок на лес и лесную среду связано состояние дорожно-тропиночной сети. Элементы ее в лесоводственном отношении недостаточно обоснованы. В лесоводстве при оценке степени воздействия лесозаготовительной техники на почву в процессе рубки приняты разные классификации. Наибольшее распространение в научных исследованиях и практике лесного хозяйства получила классификация М.Е.Ткаченко [11], усовершенствованная А.В.Побединским [7], в которой поверхность почвы по условиям для возобновления леса подразделена на три категории: малоизмененную, улучшенную и ухудшенную тракторной трелевкой. При этом изучался лесовозобнови-

тельный процесс в фрагментах вырубок таких категорий, а также состояние взрослых деревьев в зависимости от расстояния до них на выборочных рубках.

Такой принципиальный подход был использован при классификации поврежденных почв в лесу в связи с рекреационным лесопользованием. Для установления параметров элементов дорожно-тропиночной сети служили такие критерии, как ширина их, проективное покрытие растительности живого напочвенного покрова. Наряду с отмеченными критериями следует использовать и плотность (или твердость) верхних слоев почвы (до 10 или 15 мм). С учетом последних классификация дорожно-тропиночной сети в рекреационных лесах примет следующий вид (табл. 2).

Кроме того на участках леса, подверженного рекреационному воздействию, следует выделить имеющиеся фрагменты с вытоптанной площадью с внешними признаками отдельных вышеприведенных элементов дорожно-тропиночной сети (табл. 2). Следует отметить, что приведенные в табл. 2 параметры элементов дорожно-тропиночной сети характерны для свежих почв с легким или средним механическим составом (супесчаные, суглинистые).

Т а б л и ц а 1

Схема оценки рекреационного потенциала лесов на разных уровнях (типа леса и типа ландшафта)

Тип ландшафта	Площадь, га	Тип леса	Площадь, га	Показатели элементов рекреационного потенциала				
				привлекательность	комфортность	устойчивость насаждений	стадии депрессии	класс рекреационного потенциала
I		1						
		2						
		...						
		i						
		...						
		n						
		Средние данные						
II								
...								
I								
...								
N								
Средние данные								

Элементы дорожно-тропиночной сети

Элементы дорожно-тропиночной сети	Ширина, м	Проективное покрытие живого напочвенного покрова, %	Состояние верхних слоев почвы (до 10 см)*	
			плотность, г/см ³	твердость, г/см ³
Автомобильная дорога	4,0±0,5	Живой напочвенный покров отсутствует		
Пешеходная дорога	2,5±0,3	Живой напочвенный покров отсутствует		
Тропа (внутри участка или выдела)	0,9±0,2	Живой напочвенный покров отсутствует		
Хорошо выраженная тропинка	0,7±0,1	До 5 (по обочинам тропинки)		
Средне выраженная тропинка	0,5±0,1	5–10		
Слабо выраженная тропинка	До 0,5±0,1	10–15		

*– абсолютные величины плотности (или твердости) верхних слоев почвы для каждого элемента сети по мере накопления научных сведений еще следует обосновать.

Для почв другой степени влажности и иного механического состава параметры этих элементов будут отличаться. Такая классификация степени повреждения поверхности почвы и живого напочвенного покрова позволит установить характер изменения верхней части почвы и растительности по площади (территории) определенных участков (выделов) в зависимости от рекреационной нагрузки. Кроме того, такие сведения необходимы для определения влияния разных элементов дорожно-тропиночной сети на состояние и рост древесной растительности.

На живой напочвенный покров в процессе рекреационного лесопользования оказывают влияние характер его вытаптывания и изменение световой обстановки в связи с ослаблением роста деревьев или изреживанием древостоя. Поэтому при описании его следует отмечать расположение учетных площадок (оптимальные размеры по М.Е. Ткаченко каждой из них 4 м² [11], численность по В.Н. Сукачеву не менее 25 шт. [10]) применительно к световой обстановке (сомкнутость крон деревьев) и к характеру повреждения поверхности участка (элементы дорожно-тропиночной сети или фрагменты). Это связано с тем, что состав и особенности развития разных видов живого напочвенного покрова связаны со степенью повреждения почвы и со световой обстановкой. Происходит также комплексное влияние изменения почвенных условий в свя-

зи с вытаптыванием и изменением освещенности из-за ослабления роста деревьев или их отпадом.

Например, щучка (луговик дернистый) чаще всего приурочена к влажным почвам с повышенной плотностью верхних слоев почвы, т.е. в местах с высокой рекреационной нагрузкой. Следовательно, обозначенный методический прием, учитывающий во время закладки учетных площадок изменения световой обстановки и почвенных условий, позволяет выявить особенности влияния на живой напочвенный покров рекреационной нагрузки разного характера в различных частях лесного участка.

Важно на учетных площадках учитывать степень задернения поверхности почвы злаковой растительности, которая оказывает существенное влияние на естественное возобновление леса. Поэтому целесообразно использовать во время исследования рекреационных лесов придержки, предложенные И.С. Мелеховым в руководстве по изучению типов вырубок [4]. Он рекомендует степень задернения почвы разделять на следующие категории:

- очень слабое задернение – злаками занято до 0,1 площади;
- слабое задернение – 0,2–0,3;
- среднее задернение – 0,4–0,6;
- сильное задернение – 0,7–0,9;
- очень сильное задернение – занято 0,9–1,0 выдела.

Степень задернения определяется по покрытию площади злаками, в том числе определенными их видами.

При рассмотрении леса как природной системы на разных уровнях, когда изучается влияние одних биогеоценозов на другие, следует учитывать и то обстоятельство, что семена сорных растений могут переноситься ветром из одного участка в другой. Поэтому важно изучение последствий рекреационного лесопользования не только на биогеоценозном, но и на межбиогеоценозном (типа ландшафта) уровнях. Это позволит более корректно установить влияние рекреационных нагрузок на лесные экосистемы с учетом влияния одних лесных биогеоценозов на другие.

Предложенные лесоводственные методы и приемы для изучения рекреационных лесов позволят более эффективно и объективно оценивать их состояние и особенности их изменения.

Рассмотренные методические аспекты исследований рекреационных лесов, принятые в лесоводстве, в определенной мере, на наш взгляд, восполняют пробел в изучении последствий рекреационного лесопользования.

Библиографический список

1. Колесников, Б.П. Генетический этап в лесной типологии и ее задачи / Б.П. Колесников // Лесоведение. – 1974. – № 2. – С. 3–20.
2. Мелехов, И.С. Динамическая типология леса / И.С. Мелехов // Лесное хозяйство. – 1968. – № 3. – С. 15–21.
3. Мелехов, И.С. Лесоводство / И.С. Мелехов. – М.: МГУЛ, 2005. – 322 с.
4. Мелехов, И.С. Руководство по изучению типов концентрированных вырубок / И.С. Мелехов, Л.И. Корконосова, В.Г. Чертовской. – М.: Наука, 1965. – 180 с.
5. Морозов, Г.Ф. Учение о лесе / Г.Ф. Морозов. – СПб., 1912. – 368 с.
6. Обыденников, В.И. Состояние нижних ярусов рекреационных лесов НП «Лосиный остров» / В.И. Обыденников, А.П. Титов, Е.В. Ефимова // Лесной вестник. – 2005. – № 5(41). – С. 97–102.
7. Побединский, А.В. Изменение лесорастительной среды под влиянием тракторной трелевки / А.В. Побединский // Лесное хозяйство. – 1952. – № 3 – С. 34–39.
8. Рысин, Л.П. Рекомендации по оценке последствий рекреационного лесопользования в лесопарках Москвы / Л.П. Рысин, С.Л. Рысин // Состояние зеленых насаждений и городских лесов в Москве. Аналитический доклад. – М.: 2000. – С. 213–226.
9. Рысин, С.Л. Оценка рекреационного потенциала искусственных насаждений в пригородных лесах. Методические указания / С.Л. Рысин. – М.: МГУЛ, 1996. – 27 с.
10. Сукачев, В.Н. Избранные труды. Т. 1. / В.Н. Сукачев. – Л.: Наука, 1972. – 420 с.
11. Ткаченко, М.Е. Лесовозобновление на площадях концентрированных рубок / М.Е. Ткаченко // Лесное хозяйство. – 1939. – № 2. – С. 33–38.
12. Ткаченко, М.Е. Общее лесоводство. Изд. 2-е. / М.Е. Ткаченко. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1955. – 600 с.

ПОВЫШЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР ПОСАДОЧНЫМ МАТЕРИАЛОМ С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ

С.А. РОДИН, директор ВНИИЛМ,

А.Р. РОДИН, проф. каф. лесных культур МГУЛ, д-р с.-х. наук

mmd@mgul.ac.ru

Перспективным считается лесной посадочный материал с закрытой корневой системой. Он используется для создания лесных культур, специальных плантаций и других объектов. Это позволяет экономно расходовать семена, сокращать срок выращивания сеянцев до стандартных размеров, удлинить период посадки искусственных насаждений, повышать приживаемость посадочного материала в культурах, а также наблюдать хороший

рост растений в высоту и по диаметру. Однако последнее проявляется лишь в питомнике и в первые годы их роста на лесокультурной площади. В дальнейшем интенсивность роста культур, заложенных посадочным материалом с закрытой корневой системой и открытыми корнями, выравнивается. Вместе с тем корнезакрытая корневая система в первые годы роста лесных культур функционирует более эффективно. Например, в четырехлет-

них культурах, посаженных двухлетними сеянцами сосны обыкновенной на супесчаной почве, на 1 г корневой массы приходится 8,7 г надземной биомассы. При посадке сеянцев с открытой корневой системой этот показатель ниже и составляет 7,3 г. В то же время масса корней одного растения в указанных культурах, посаженных сеянцами с закрытой корневой системой, была на 9,8 % меньше, чем при посадке сеянцев, выращенных традиционными способами.

Повышенная интенсивность функционирования корневых систем в корнезакрытом субстрате будет, по нашему мнению, продолжаться до тех пор, пока не будут израсходованы в значительной степени питательные вещества плодородного субстрата.

Посадочный материал с закрытой корневой системой выращивают в контейнерах, брикетах разной формы и размеров, торфоперегнойных горшочках и т.п. с полным комплексом органоминеральных удобрений и микроэлементов. В процессе выращивания посадочного материала в теплице проводят подкормку сеянцев и саженцев. Все это в свою очередь обеспечивает хороший рост растений в питомнике. Вместе с тем высокое плодородие субстрата в брикете, горшочке, контейнере и т.п. отрицательно сказывается на формировании корневой системы при выращивании посадочного материала в питомнике и их росте на лесокультурной площади. Корни, находясь в плодородном корнезакрытом субстрате, в результате хемотропизма деформируются, переплетаются, свертываются в клубок (рис. 1).

При посадке такого посадочного материала в лесные культуры корни медленно выходят из плодородного корнезакрытого субстрата. Исследования, проведенные в лесохозяйственных предприятиях зоны смешанных лесов, позволили установить степень интенсивности выхода корней сосны обыкновенной из корнезакрытого субстрата посадочного материала, растущего в лесных культурах, в зависимости от плодородия почвы и возраста искусственно созданных насаждений. Установлено, что в двухлетних культурах на супесчаной почве вышло из брикета 2 % корневой массы, в пятилетних – 4 % (рис 2), а в пятилетних на легкосуглинистых – 20 %.

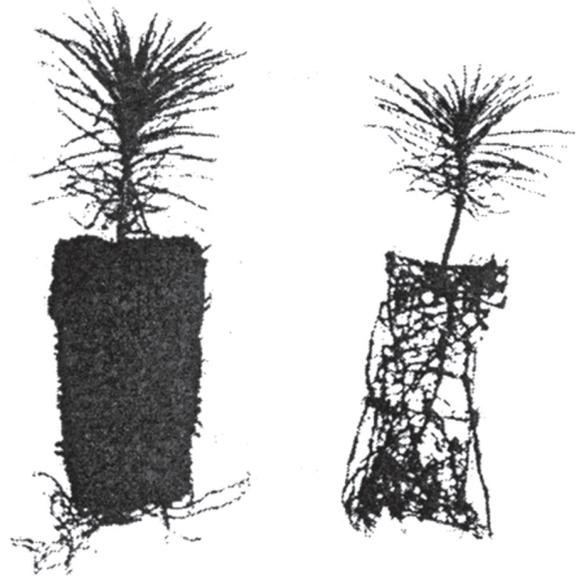


Рис. 1. Сеянцы сосны обыкновенной, выращенные с закрытой корневой системой



Рис. 2. Сосна обыкновенная, выкопанная в пятилетних культурах

В шестилетних культурах на свежих и влажных суглинках при посадке трехлетних саженцев без подготовки почвы корни, вышедшие из корнезакрытого субстрата, составили 25 %, а при посадке в пласт плуга ПКЛ-70 – 35 %. Следовательно, чем выше плодородие корнезакрытого субстрата отличается от почв лесокультурной площади, тем медленнее корни проникают в почву лесокультурной площади и тем сильнее появляется хемотропизм корней.

Давно известно, что загибы корней при посадке лесных культур недопустимы, а тем более их переплетение и деформация. Последнее, а также высокое плодородие субстрата посадочного материала с закрытой корневой системой задерживает проникновение корней в почву лесных культур. Это, по нашему мнению, может отрицательно отразиться на общем состоянии высаженных в культуры растений на последующих этапах роста и развития выращиваемых насаждений и может привести к снижению продуктивности лесных культур и их устойчивости к ветровым нагрузкам. Подтверждение этому мы находим в ряде опубликованных работ.

Так, в фундаментальной монографии «Плантационное лесоводство» говорится следующее: «При закладке культур на бедных почвах крупномерными сеянцами и саженцами с закрытыми корнями наблюдались случаи, когда корни растений, сосредоточенные в довольно большом объеме плодородного торфяного субстрата, не торопились распространяться из него в прилегающую менее плодородную почву. И это, подчеркнем, имело место при довольно энергичном приросте верхушечного и боковых побегов растений. Данное обстоятельство не может не внушать опасений по поводу будущей устойчивости таких деревьев к боковым нагрузкам» (с. 80).

Тщательные исследования профессора А.П. Тольского в двенадцатилетних культурах сосны обыкновенной, созданных посадочным материалом, имеющим различную форму корневых систем, показали, что «наименее удачными оказались посадки с корнями, свернутыми в клубок, ... спутанные в клубок образовали репообразное утолщение стержневого корня, от которого шли горизонтальные ветви, а от них вертикальные корни второго порядка... при свертывании корней в клубок получалось сравнительно мелкая и слабая корневая система» (5 с. 195, 196).

Усиленный рост культур, созданных посадочным материалом с закрытой корневой системой, после их посадки на лесокультурную площадь и его продолжительность зависят от объема субстрата в контейнере, брикете и его питательности. Например, по данным СПбНИИЛХ (2007) высота шестилетних

культур сосны обыкновенной, посаженных на вырубке в черничном влажном типе условий местопроизрастания по пластам, образованным плугом ПКЛМ-500, составила при объеме корнезакрытого субстрата 0,4; 1,0; 2,0 л соответственно, 100; 161 и 197 см.

Лучший рост культур с увеличением объема корнезакрытого субстрата посадочного материала объясняется повышенным содержанием питательных веществ в закрытой корневой системе и более благоприятными условиями для роста корневой массы и ее работы. Вместе с тем следует отметить, что выращивание посадочного материала с закрытой корневой системой и его доставка на лесокультурную площадь обходится значительно дороже, чем с открытой.

С увеличением объема корнезакрытого субстрата удлиняется продолжительность интенсивного роста в первый период выращивания лесных культур, но затраты на выращивание такого посадочного материала и его транспортировку резко возрастают. В настоящее время на один гектар лесокультурной площади в среднем высаживают три тысячи саженцев. При объеме корнезакрытого субстрата одного растения, составляющего 0,4, 1,0 и 2,0 л, при облесении одного гектара требуется заготовить и доставить на лесокультурную площадь посадочный материал, содержащий в сумме соответственно 1,2, 3,0 и 6,0 м³ плодородного субстрата, находящегося в корнезакрытом объеме посадочного материала.

Для гарантийного выращивания устойчивых и долго живущих искусственно созданных насаждений необходимо, чтобы состав питательного субстрата, используемого для выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой, а также наружная оболочка корнезакрытого субстрата не препятствовали нормальному росту корней в питомнике и на лесокультурной площади.

Это может быть достигнуто только в том случае, когда конкретному типу почв лесокультурной площади будет соответствовать плодородие корнезакрытого субстрата. В связи с этим для наиболее распространенных почв России необходимо определить оптимальные химический и гранулометрический

состав корнезакрытого субстрата, а также его объем и форму. При этом гранулометрический состав играет не меньшую роль, чем наличие в корнезакрытом субстрате питательных веществ. Еще Г.Ф. Морозов, рассматривая вопросы выращивания сеянцев, отмечал: «Что касается почвы, то большее внимание должно быть обращено на хорошие физические свойства ее, чем на состав...»

Решить этот проблемный вопрос нормального роста корней в питомнике и лесных культурах возможно путем проведения комплексных исследований с использованием математического метода планирования в научных экспериментах с помощью ЭВМ. Это позволит установить оптимальный химический и гранулометрический состав корнезакрытого субстрата и его объем для основных почвенных разностей, обеспечить нормальный рост и развитие корневой массы, свойственной данному виду и возрасту, а также установить минимально возможные затраты на

выращивание корнезакрытого посадочного материала, используемого при создании искусственных биоценозов.

Библиографический список

1. Морозов, Г.Ф. Учение о лесе / Г.Ф. Морозов. – М.-Л. Сельхозиздат. Издание 6-е, 1931. – 438 с.
2. Плантационное лесоводство / Под общ. ред. И.В. Шутова. – СПб: Изд.-во Политехн. ун-та, 2007. – 366 с.
3. Родин, А.Р. Роль субстрата при создании культур посадочным материалом с закрытой корневой системой / А.Р. Родин // Лесохозяйственная информация. Реферативный выпуск. – 1977. – № 2. – С. 16–17.
4. Родин, А.Р. Явление хемотропизма при создании культур хвойных пород саженцами с закрытой корневой системой / А.Р. Родин // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. Межвуз. сб. научн. тр. – Л.: РИО ЛТА, 1978. – Вып. 7. – С. 98–102.
5. Тольский, А.П. Частное лесоводство. Основы лесокультурного дела, часть III. Лесные культуры / А.П. Тольский. – Л.: Изд.-во Лесное хозяйство, Лесная промышленность, 1930. – 388 с.

СРЕДООЧИЩАЮЩИЕ ФУНКЦИИ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО И БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Р.Х. ГИНИЯТУЛЛИН, *с. н. с. Института биологии УНЦ РАН, канд. биол. наук*

ib@anrb.ru

При оценке воздействия антропогенной деятельности на состояние окружающей среды одной из проблем является определение изменчивости различных компонентов природной среды и определяющих ее факторов. Масштабы различных антропогенных воздействий варьируют от локального до регионального уровня. В зависимости от вида воздействия используются разные системы показателей, характеризующих качество среды [3].

Лесные насаждения, способные локализовать и обезвреживать загрязняющие атмосферу соединения металлов, призваны служить в роли промышленного фильтра. Береза повислая (*Betula pendula* Roth.) и тополь бальзамический (*Populus balsamifera* L.) благодаря биолого-экологическим особенностям широко

используются в создании защитных лесонасаждений на территории крупных промышленных центров Предуралья. В связи с этим существует необходимость изучить способность консервации соединений металлов у данных видов в условиях техногенного загрязнения окружающей среды, а также оценки влияния техногенеза на состояние лесных насаждений в условиях промышленных центров.

Исследования проводились в пределах санитарно-защитной зоны Стерлитамакского промышленного центра (СПЦ).

Основной вклад в выбросы от стационарных источников вносят предприятия электроэнергетики – Стерлитамакская и Ново-Стерлитамакская ТЭЦ (34 %) и предприятия химической промышленности – АО «Сода» и ЗАО «Каустик» (60 %).

В выбросах АО «Сода» преобладают неорганические вещества, в выбросах ЗАО «Каустик» много как органических, так и неорганических веществ [2].

Основным фактором загрязнения почв и растений на территории исследованных предприятий является осаждение поллютантов из атмосферы вследствие гравитационного и турбулентного оседания, вымывания атмосферными осадками, адсорбцией загрязняющих веществ подстилающей поверхностью, при перевивании пыли, поднятой с земной поверхности прилегающих территорий [4].

Помимо поступления загрязняющих веществ из атмосферы промышленные площадки заводов загрязняются жидкими и твердыми отходами. Аварийные выбросы делают поступление поллютантов значительно варьирующим по интенсивности при одинаковых погодных условиях. Кроме общего объема промышленных выбросов существенное значение имеет и сочетанное воздействие различных загрязнителей. Особенно это характерно для г. Стерлитамак, где на сравнительно небольшой территории сосредоточены предприятия с разным составом выбросов. Еще одной важной характеристикой является неравномерность загрязнения воздуха [1].

Основные лесообразующие породы в СПЦ – сосна обыкновенная, лиственница Сукчаева, береза повислая, липа мелколистная, тополь бальзамический и клен остролистный.

Объектами исследования служили культуры березы повислой и тополь бальзамический в возрасте 45 лет. По данным лесоустройства 2007 г. в составе лесных насаждений в пределах Стерлитамакского лесхоза насаждения березы составляют – 3256 га, тополь бальзамический – 1894 га.

Основные промышленные предприятия сосредоточены в северной части города. Насаждения тополя бальзамического и березы повислой, где проводились исследования, подвержены воздействию как городского транспорта, так и ближайшей промышленной зоны с несколькими крупными предприятиями химической промышленности.

Листья и побеги тополя и березы отбирали с 15 деревьев на пробной площади

верхней, средней, нижней части кроны, обращенной к источнику загрязнения. Взятые пробы листьев и побегов высушивались до воздушно-сухого состояния на бумаге или шламовых мешках.

При оценке жизненного состояния тополевых и березовых насаждений основное внимание уделялось выявлению хлорозов и некрозов листьев и других повреждений древостоев атмосферными загрязнителями.

Содержание металлов в листьях и ветвях определялось методом атомно-абсорбционного анализа (прибор ААС-Zeenit-650 ЭТА).

Для определения стадий дегрессии насаждения и степени влияния на него антропогенных и техногенных факторов, определения его жизненного состояния нами проведены исследования относительного жизненного состояния (ОЖС) культуры тополя и березы в условиях СПЦ. За основу исследования была принята методика В.А. Алексеева (1990) [5].

Относительное жизненное состояние всего насаждения определялось по формуле

$$Ln = (100 N_1 + 70 N_2 + 40 N_3 + 5 N_4) / N,$$

где Ln – показатель насаждения, вычисленный по количеству деревьев, %;

N_1 – количество здоровых деревьев, шт.;

N_2 – количество ослабленных деревьев, шт.;

N_3 – количество сильно ослабленных деревьев, шт.;

N_4 – количество сухих деревьев, шт.;

N – общее количество деревьев, шт.;

100, 70, 40, 5 – коэффициенты, выражающие в процентах состояние соответственно здоровых, ослабленных, сильно ослабленных и отмирающих деревьев.

ОЖС насаждений тополя и березы определялось по четырехбалльной шкале (табл. 1.): здоровое насаждение (показатель ОЖС 80–100 %), ослабленное (50–79 %), сильно ослабленное (20–90 %), полностью разрушенное (19 % и ниже). При характеристике каждого дерева на пробной площади оценивались: густота кроны, наличие мертвых сучьев, степень поражения листьев (не-

кросы, хлорозы, скручивание, повреждения насекомыми и болезнями и т.д.).

При обследовании насаждения были обнаружены признаки повреждения отдельных листьев тополя, березы в виде хлорозов и некрозов.

В целом ОЖС насаждений тополя бальзамического в СПЦ характеризуется как ослабленное, а насаждения березы было оценено как здоровое. В условиях загрязнения у некоторых деревьев тополя идет отмирание ветвей верхней части кроны, где наиболее активно движение воздушных масс. Основным диагностическим признаком ухудшения жизненного состояния березовых насаждений является поражение листьев в виде хлорозов и некрозов (10–25 от площади листа).

Изучение зависимости повреждения растений от накопления в них токсических веществ показало значительные различия между отдельными видами.

Нами было отмечено накопление в листьях, побегах и в коре металлов, что позволило составить сравнительную оценку очистной функции тополя в конкретных условиях. В среднем дерево тополя (возраст 45 лет) в условиях СПЦ формирует в пересчете на сухую массу 25,95 кг ветвей и 6,795 кг листьев. При этом 1,050 кг листьев приходится на верхнюю часть кроны, на среднюю – 4,275, а на нижнюю – 1,470 кг.

Содержание металлов в образцах, взятых на различной высоте кроны и ствола, может отличаться в значительной степени. Соединения металлов, выпадая на поверхность растений, распространяются следующим образом: часть выпадений удаляется ветром и дождем, некоторое количество адсорбируется на поверхности, частично поглощаясь растениями, а частично, при определенных условиях, переносится из верхней части в нижнюю.

Следует отметить, что в листьях прослеживается тенденция к увеличению содержания Ca, Mn, Fe средней, нижней части кроны. Вероятно, происходит их смывание атмосферными осадками из верхней части кроны. Концентрация Ca – 19760 мг/кг, Mn – 72 мг/кг, Fe – 125 мг/кг в верхней части кроны, а в нижней части существенно выше, чем в

верхней. Распределение некоторых металлов (Cu, Sr, Cd, Pb) по кроне дерева имеет тенденцию к увеличению снизу вверх. В листьях верхней части кроны содержание Cu в 5 раз, Sr – 1,5 раза, Cd – 2,5 раз, Pb в 15 раз больше, чем в нижней части кроны. Содержание Ca, Mn, Zn, Sr, Pb у тополя больше депонируется в ветвях средней части кроны, чем в верхней и нижней (табл. 2).

На основании полученных результатов мы попытались дать оценку очистной функции тополя бальзамического в условиях СПЦ. Расчеты табл. 2 свидетельствуют о том, что в условиях загрязнения одно дерево тополя аккумулирует за вегетативный сезон в листьях и ветвях Cu, Sr, Cd, Pb, Ca, Fe, Zn, Mn. Ниже приведен цифровой материал, доказывающий вышеизложенное.

В условиях СПЦ на 1 га насаждения тополя бальзамического в течение вегетации в среднем формируется 13 т 311 кг сухой массы листьев и 50 т 08 кг сухой массы ветвей.

Отсюда следует, что 1 га лесных насаждений тополя способен накапливать в листьях в течение вегетационного сезона в условиях промышленного загрязнения: Cu – 0,681 кг, Sr – 2,373 кг, Cd – 0,0498 кг, Pb – 0,786 кг, Ca – 8,49 кг, Fe – 5,70 кг, Zn – 1,088 кг, а в ветвях способен накопить Cu – 1,567 кг, Sr – 11,3 кг, Cd – 0,275 кг, Pb – 5,5 кг, Ca – 60,71 кг, Fe – 5,543 кг, Zn – 6,91 кг.

Также был отмечен феномен биологической консервации металлов березы повислой в условиях СПЦ и рассчитано количество металлов, накапливаемых в древесных насаждениях за вегетационный период. В среднем дерево березы (возраст 45 лет) в условиях СПЦ формирует в пересчете на сухую массу 17,420 кг листьев и 24,286 кг ветвей. При этом 3,275 кг листьев приходится на верхнюю часть кроны, на среднюю – 11,045 кг, а на нижнюю – 3,100 кг.

Содержание металлов в образцах, взятых на различной высоте кроны и ствола, может отличаться в значительной степени. Изучение содержания металлов в листьях, ветвях березы в условиях промышленного загрязнения показало ряд особенностей. Расчеты приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 1

Характеристика ОЖС насаждений тополя бальзамического и березы повислой в санитарно-защитной зоне Стерлитамакского промышленного центра

Название породы и год закладки п/п	Средние показатели			Соотношение деревьев в насаждениях, шт.				Ln, %	Категория жизненного состояния
	Всего п/п	Д ср, см	Н ср, м	здоровые	ослабленные	сильно ослабленные	сухие		
Тополь бальзамический (1963)	70	24	26	5	59	1	5	67	Ослабленное
Береза повислая (1963)	30	20	22	22	6	2	0	90	Здоровое

Т а б л и ц а 2

Среднее содержание металлов (мг/кг воздушно-сухой массы) в органах тополя бальзамического в условиях Стерлитамакского промышленного центра

Образец	Часть кроны	Воздушно-сухая масса	Содержание металлов, мг/кг							
			Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	Sr	Cd	Pb
Листья	верхняя	1,050	19760	72	125	4,0	20	72	0,2	3,0
	средняя	4,275	24460	86	148	0,4	35	62	0,1	1,0
	нижняя	1,470	20540	93	162	0,8	28	47	0,08	2,0
Ветви	верхняя	2,730	45220	1,5	256	3,5	45	71	0,25	3
	средняя	18,810	53930	66,1	466	14,8	59	150	0,17	5
	нижняя	4,410	22090	21,9	383	13	34	отс.	0,13	3
в листьях среднего дерева	–	6,795	64760	251	435	5,2	83	181	0,38	6
в ветвях среднего дерева	–	25,95	121240	103	1105	31,3	138	227	0,55	11
Содержание металлов, кг										
в листьях, кг/га	–	13т 311 кг	8,49	3,29	5,70	0,681	1,088	2,373	0,0498	0,786
в ветвях, кг/га	–	50т 08 кг	60,71	5,150	5,543	1,567	6,91	11,3	0,275	5,5

Т а б л и ц а 3

Среднее содержание металлов (мг/кг воздушно-сухой массы) в органах березы повислой в условиях Стерлитамакского промышленного центра

Образец	Часть кроны	Воздушно-сухая масса	Содержание металлов, мг/кг							
			Ca	Mn	Fe	Cu	Sr	Cd	Pb	
Листья	верхняя	3,975	4900	97	585	9	Отс	0,3	1,6	
	средняя	11,045	4495	105	1117	12	Отс	0,5	1,7	
	нижняя	3,100	10350	124	424	16	Отс	0,7	0,9	
Ветви	верхняя	6,187	5895	965	271	65	Отс	0,15	1,7	
	средняя	15,126	7345	138	646	89	Отс	0,20	1,9	
	нижняя	2,982	16650	327	1346	39	Отс	0,21	2,5	
в листьях среднего дерева		17,420	19745	326	2126	37	Отс	1,5	4,2	
в ветвях среднего дерева		24,286	29890	1430	2263	193	Отс	5,6	6,1	
Содержание металлов, кг										
в листьях, кг/га		12т 890 кг	25,4	4,2	1,573	0,661	Отс.	0,0193	0,0541	
в ветвях, кг/га		17 т 971 кг	53,7	25,69	1,674	3,4	Отс.	1,0	1,0	

В нижней части кроны березы содержание некоторых металлов изменяется значительно по сравнению с верхней. Исследования показали, что в нижней части кроны березы за вегетационный период накапливаются из воздуха металлы в таких количествах: Ca – 10350 мг/кг, Mn – 124 мг/кг, Fe – 424 мг/кг, Cu – 16 мг/кг, Pb – 0,9 мг/кг, Cd – 0,7 мг/кг, Sr – отсутствует (табл. 3).

На основании полученных результатов доказано, что содержание Ca, Fe, Pb в листьях средней части кроны выше, чем в листьях нижней, верхней части кроны. Распределение металлов (Mn, Cu, Cd) по кроне дерева имеет тенденцию к увеличению сверху вниз.

Поступающие в листья металлы перераспределяются в пределах листовой пластинки и всего организма, часть из них оттекает из листьев в побеги. Береза верхней части кроны в среднем формирует на себе 6,187 кг в расчете на сухое вещество за вегетационный период и накапливает из воздуха металлы в таких количествах: Cu – 65 мг/кг, Cd – 0,15 мг/кг, Pb – 1,7 мг/кг, Ca – 5895 мг/кг, Fe – 271 мг/кг, Mn – 965 мг/кг, а в средней части кроны накапливает: Cu – 89 мг/кг, Cd – 0,20 мг/кг, Pb – 1,9 мг/кг, Ca – 5895 мг/кг, Fe – 646 мг/кг, Sr – отсутствует.

Несколько иная картина наблюдается в нижней части кроны березы, где формируется в среднем 4,982 кг ветвей в расчете на сухое вещество, а содержание металлов в среднем – 16650 мг/кг, Cu – 39 мг/кг, Cd – 0,21 мг/кг, Pb – 2,5 мг/кг, Fe – 1346 мг/кг, Sr – отсутствует.

Полученные результаты показывают очистную функцию березы в условиях СПЦ.

Расчеты свидетельствуют о том, что в условиях загрязнения одно дерево березы аккумулирует за вегетативный сезон в листьях: Cu – 37 мг/кг, Cd – 1,5 мг/кг, Mn – 326 мг/кг, Pb – 4,2 мг/кг, Ca – 19745 мг/кг, Fe – 2126 мг/кг, Zn – 1,088 кг, а в ветвях их содержание составляет: Cu – 193 мг/кг, Cd – 5,6 мг/кг, Pb – 6,1 мг/кг, Ca – 29890 мг/кг, Fe – 2263 мг/кг (табл. 3).

В условиях Стерлитамакского промышленного центра на 1 га насаждения березы в среднем в течение вегетации форми-

руется 12 т 890 кг сухой массы листьев и 17 т 971 кг сухой массы ветвей. Отсюда следует, что 1 га лесных насаждений березы способен накапливать в листьях в течение вегетационного сезона в условиях промышленного загрязнения Cu – 0,661 кг, Cd – 0,0193 кг, Mn – 4,2 кг, Pb – 0,0541 кг, Ca – 25,4 кг, Fe – 1,573 кг, а в ветвях способен накопить Cu – 3,4 кг, Cd – 1,0 кг, Pb – 1,0 кг, Ca – 53,7 кг, Fe – 1,674 кг, Mn – 25,69 кг.

Проведенные исследования позволили установить, что в условиях СПЦ аккумулятивных способностей насаждений тополя бальзамического и березы повислой разные.

Установлено, что на 1 га лесных насаждений тополя накапливается в листьях в течение вегетационного сезона в условиях СПЦ: Fe – 3,8 раза, Pb – 14,5 раз, Cd – 2,5 раз, а в ветвях: Fe – 3,3 раза, Pb – 5,5 раз больше, чем в насаждениях березы. Два из изученных видов древесных растений в условиях промышленного загрязнения значительно отличаются по содержанию металлов в надземной части.

В 1 га лесных насаждений березы накапливаются в листьях в течение вегетационного сезона в условиях СПЦ: Ca – 3 раза, Mn – 1,3 раза, а в ветвях Mn – в 5 раз, Cu – 2,2 раза, Cd – 3,5 раз больше, чем в насаждениях тополя.

В целом следует отметить успешное произрастание березы повислой в насаждениях санитарно-защитной зоны Стерлитамакского промышленного центра. В течение вегетационного сезона в листьях, ветвях происходит накопление металлов, что свидетельствует о выполнении насаждениями защитных функций по ограничению распространения в окружающей среде.

Жизненное состояние насаждений тополя бальзамического в Стерлитамакском промышленном центре в целом характеризуется как ослабленное, но, несмотря на поражение листьев и значительное ослабление деревьев, насаждения тополя выполняют средозащитные функции в условиях СПЦ.

Библиографический список

1. Берчатова, Л.П. Характеристика выбросов вредных веществ от основных объектов нефтеперерабаты-

- вающих заводов / Л.П. Берчатова, А.И. Мусоргская // Гигиена производственной и окружающей среды, охрана здоровья рабочих нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. – Уфа, 1981. – Т. 2. – С. 26–28.
2. Государственный доклад о состоянии окружающей среды республики Башкортостан в 2005 г. Уфа, 2006. – 301 с.
 3. Дончева, А.В. Ландшафтная индикация загрязнения природной среды / А.В. Дончева, Л.К. Казаков, В.Н. Калущков. – М.: Экология, 1992. – 256 с.
 4. Зейферт, Д.В. Растительные сообщества и почвенная мезофауна территорий химических предприятий в степной зоне Башкирского Предуралья / Д.В. Зейферт, И.Х. Бикбулатов, К.М. Гудаков и др. – Уфа, 2000. – 165 с.

ФОТОСИНТЕЗ, МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ И СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ПРИ СОВМЕСТНОМ ВЫРАЩИВАНИИ

Е.В. ЛЕБЕДЕВ, доц. каф. лесных культур Нижегородской ГСХА, канд. биол. наук

proximus77@mail.ru

Проблема взаимодействия сосны и березы весьма актуальна в лесном хозяйстве, поскольку насущной необходимостью является определение максимально допустимой доли березы, при которой не снижается рост сосны [1]. Показано, что присутствие до 20–30 % березы может положительно влиять на сосну [2]. По другим же данным действие березы на сосну в целом отрицательное, но рост сосны не угнетается, если доля березы в насаждении к возрасту рубки не превысит двух единиц состава [3]. Для оценки взаимного влияния сосны и березы в основном применялись таксационные методики, не позволяющие иметь комплексное представление о количественных характеристиках обменных процессов, протекающих в растении, на уровне организма.

Целью работы было получить на уровне организма количественные данные фотосинтеза, поглотительной деятельности корней, биологической продуктивности и размера депонирования углерода в чистых насаждениях и при взаимном влиянии сосны обыкновенной и березы повислой в пределах толерантности за время вегетации, а также определить характер функциональной связи листового аппарата и корневой системы; установить характер связи между размером и активностью листового аппарата и продуктивностью растений.

Объекты и методы исследований

Объектами исследования служили однолетние сеянцы березы повислой (*Betula*

pendula Roth.) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*). Растения выращивали в условиях микрополевого опыта на серой лесной почве в центральной части Нижегородской области в 2007 г.

В первом контрольном варианте (100Б) были высажены только сеянцы березы, а во втором (100С) – только сосны. В остальных вариантах высаживались сеянцы обеих пород в процентных соотношениях: 75Б-25С, 50Б-50С и 25Б-75С. Растения высаживались в заглубленные пакеты без дна (вмещавшие 40 кг почвы) с пространственной изоляцией между вариантами и без нарушения горизонтов почвы. Размещение каждой породы в пределах пакета было равномерным. В перерасчете на 1 га количество сеянцев во всех вариантах составило 1 млн штук, а площадь питания каждого растения составляла 100 см². Длительность опыта – 117 суток. Время работы фотосинтетического аппарата березы составило 112, а сосны – 117 дней. В каждом варианте было проанализировано по 14 растений. Каждое растение служило повторностью. Площадь листьев вычисляли весовым методом. Чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) определяли по А.А. Ничипоровичу [4], энергетическую эффективность фотосинтеза (КПД ФАР) – по Х.Г. Тоомингу и Б.И. Гуляеву [5], а долю содержания углерода в биомассе – по К.С. Бобковой и В.В. Тужилкиной [6]. Детальный анализ активной части корневой системы и минеральной продуктивности корней (МП) проведен по В.М. Лебе-

деву [7]. Содержание азота, фосфора и калия в биомассе определяли по общепринятым агрохимическим методам. Биологическую продуктивность пород (БП) находили по относительному увеличению первоначальной массы растения.

Экспериментальная часть

В чистом насаждении и при снижении доли березы в составе до 50 % ее ЧПФ не изменялась (табл. 1). При минимальной доле березы (25Б-75С) ЧПФ возрастала на 16 % по сравнению с вариантом 100Б. У сосны она была максимальной в варианте 100С, но снижалась при включении березы. ЧПФ сосны в варианте 100С была в 3,9 раза ниже, чем у березы в варианте 100Б. Энергетическая же эффективность фотосинтеза пород (КПД ФАР), количество биомассы, произведенной 1 м² площади листьев (поверхности хвои), и количество депонированного углерода изменялись по вариантам с той же закономерностью, что и ЧПФ.

В пределах опыта количество углерода, депонированного в расчете на 1 га сосны, изменялось в 6 раз. Чистые посадки сосны при количестве растений 1 млн на 1га продуцировали за вегетацию 1,33 т углерода, а та же площадь, занятая березой – 2,28 т, то есть в 1,7 раза больше. Различия же в показателе в пределах опыта составили 3,2 раза. Суммарное же депонирование углерода 1 га по всем вариантам опыта было максимальным в варианте 100Б и минимальным в варианте 100С. Варианты со смесью пород занимали промежуточное положение, и в них превалировал углерод, депонированный березой.

Минимальное относительное увеличение первоначальной массы растений за время опыта (БП) у березы наблюдалось в вариантах 100Б и 75Б-25С (табл. 2). При увеличении доли сосны в смеси до 50 % БП березы повышалась в 1,9 раза по сравнению с контролем. Дальнейший рост доли сосны до 75 % не менял БП березы, но вызывал тенденцию к ее снижению.

Т а б л и ц а 1

Фотосинтез и депонирование углерода у сосны (С) и березы (Б) при различном процентном соотношении

Соотношение пород, %	ЧПФ, г м ⁻² день ⁻¹		КПД ФАР, %		Биомасса за вегетацию, г м ⁻²		Депонировано углерода				насаждением, т га ⁻¹
							породами за вегетацию, г м ⁻²		т га ⁻¹		
	С	Б	С	Б	С	Б	С	Б			
100Б	–	5,11	–	1,17	–	573	–	286	–	2,28	2,28
75Б-25С	1,14	5,44	0,27	1,24	134	609	67	304	0,22	1,76	1,98
50Б-50С	1,11	5,27	0,26	1,20	130	590	65	295	0,30	1,82	2,12
25Б-75С	1,14	6,09	0,27	1,39	134	683	67	341	0,64	0,71	1,35
100С	1,30	–	0,31	–	152	–	76	–	1,33	–	1,33
НСР _{0,95}	0,10	0,63	0,02	0,14	12	71	6	35	0,31	0,51	–

Т а б л и ц а 2

Влияние соотношения сосны (С) и березы (Б) на БП, размер площади листьев (поверхности хвои), приходящейся на единицу биомассы (Сл Р⁻¹), корреляции между ЧПФ, ФП и ΔР, а также между диаметром корневой шейки (d к.ш.) и величинами ФП и ΔР

Соотношение пород, %	БП, раз		Сл Р ⁻¹ , см ² г ⁻¹ биомассы		Коэффициенты корреляции							
					ЧПФ-ΔР		ФП-ΔР		d к.ш. – ФП		d к.ш. – ΔР	
	С	Б	С	Б	С	Б	С	Б	С	Б	С	Б
100Б	–	3,88	–	26,01	–	0,039	–	0,943	–	0,828	–	0,866
75Б-25С	3,24	4,22	98,01	25,72	0,592	0,333	0,962	0,867	0,976	0,847	0,934	0,660
50Б-50С	3,18	7,22	104,80	29,29	0,204	0,079	0,932	0,918	0,974	0,795	0,970	0,915
25Б-75С	3,97	6,63	107,77	24,72	0,784	-0,196	0,993	0,962	0,739	0,966	0,732	0,907
100С	4,53	–	100,67	–	0,202	–	0,978	–	0,793	–	0,706	–
НСР _{0,95}	0,89	1,20	6,17	3,13	–	–	–	–	–	–	–	–

Биологическая продуктивность сосны была максимальной в вариантах 100С и 25Б-75С, однако в варианте 25Б-75С была тенденция к снижению БП сосны. При наличии в смеси 50–75 % березы БП сосны достоверно снижалась по сравнению с контролем в 1,4 раза.

Сосна в контрольном варианте была продуктивнее березы в 1,17 раз, но максимальная БП березы в опыте (варианты 50Б-50С и 25Б-75С) была выше, чем у сосны в контроле (100С), в 1,59 и 1,46 раза соответственно.

О функциональной активности корневой системы пород судили по соотношению двух физиологически активных частей растения – активной поверхности корней и площади (поверхности) листьев. Так как растения имели различную исходную массу, то размеры активной поверхности корней и площади листьев были рассчитаны на единицу абсолютно сухой биомассы растения. Площадь листьев, приходящаяся на единицу биомассы березы, была максимальной в варианте 50Б-50С. Остальные варианты по данному показателю достоверно между собой не различались. Поверхность же хвои сосны, приходящаяся на единицу биомассы сосны, была максимальной в вариантах 25Б-75С и 50Б-50С.

Анализ связей прироста абсолютно сухой биомассы (ΔP) с ЧПФ и фотосинтетическим потенциалом (ФП) березы и сосны показал, что величина ΔP больше зависела от величины ФП (r варьировал от 0,867 до 0,962 и от 0,932 до 0,993 соответственно), чем от ЧПФ (r варьировал от –0,196 до 0,333 и от 0,202 до 0,784 соответственно). Высокая БП сосны при относительно невысокой $Sl P^{-1}$ в варианте 100С объясняется максимальной ЧПФ и высокой корреляцией между ЧПФ и БП в этом варианте ($r = 0,793$). В варианте же 25Б-75С при максимальном значении ЧПФ БП березы достоверно не отличалась от максимума в варианте 50Б-50С.

Из таблиц 1 и 2 следует вывод, что в чистом насаждении березы лимитирует внутривидовая конкуренция, а у сосны – межвидовая. Аналогичная закономерность для растений березы наблюдалась нами ранее при изучении взаимовлияния лиственницы и березы на той же почве и в тех же соотношениях [8].

Так как между ФП и ΔP у сосны и березы существует тесная корреляция, то появляется возможность на ранних этапах роста растений (в питомнике) отбирать биотипы с высоким потенциалом роста. Но определение площади листьев и поверхности хвои у одно-возрастных растений слишком трудоемко. В то же время было установлено, что между диаметром корневой шейки сеянца и ФП во всех вариантах опыта коэффициент корреляции варьировал от 0,739 до 0,976 и от 0,795 до 0,966 соответственно для сосны и березы (табл. 2). Следовательно, связь диаметра корневой шейки и ΔP также должна быть высокой (действительно, r варьировал от 0,706 до 0,970 и от 0,660 до 0,915 соответственно у сосны и березы). Эффективность отбора высокопродуктивных растений на начальных этапах онтогенеза по диаметру корневой шейки на примере сосны обыкновенной отмечена также Е.Л. Маслаковым [9].

Для изучения взаимного влияния сосны и березы на уровне целого организма необходимо знать характер изменения функциональной связи, под которой понимали отношение фотосинтетического потенциала (ФП) к корневому потенциалу (КП) (рисунок). Под ФП и КП понимали площадь листьев и активную поверхность корней соответственно, функционировавших в течение опыта и выраженных в $m^2/сутки$. Максимальная функциональная связь у березы наблюдалась при равном соотношении пород, где соотношение КП ФП⁻¹ было минимальным, и единица активной поверхности корней обслуживала максимальную площадь листьев. При наименьшей доле березы соотношение было максимальным, а функциональная связь – минимальной, так как уменьшалась площадь листьев, приходящаяся на единицу абсолютно сухой биомассы растения (табл. 2), а поверхность активных корней, приходящаяся на единицу абсолютно сухой биомассы ($Sk P^{-1}$), была максимальной (табл. 3). В варианте 100Б функциональная связь имела промежуточное значение из-за роста $Sk P^{-1}$ в результате сильной внутривидовой конкуренции. Относительный рост размера КП березы – неспецифическая реакция на стресс при внутривидовой и межвидовой конкуренциях.

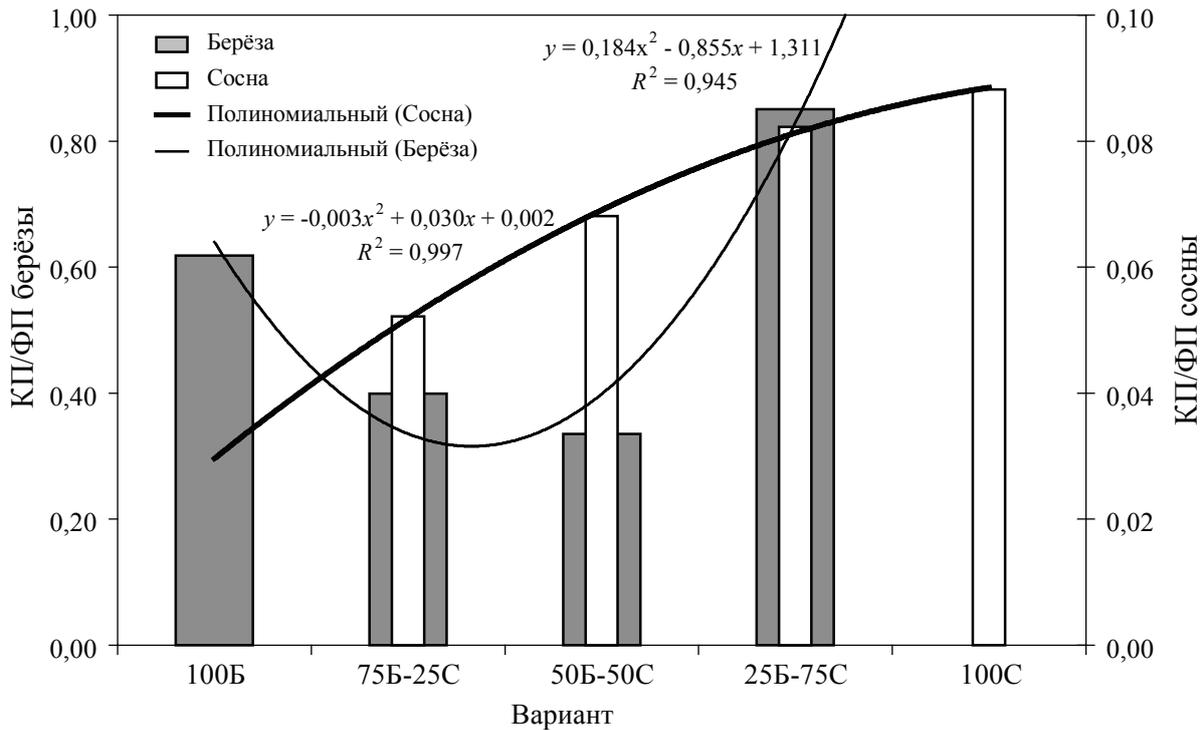


Рисунок. Изменение показателя КП ФП⁻¹ сосны и березы при различных вариантах смешения

Т а б л и ц а 3

Минеральная продуктивность корневой системы и корреляционные связи между КП ФП⁻¹ и Ск Р⁻¹ с МП у сосны (С) и березы (Б) в зависимости от варианта смешения

Соотношение пород, %	Ск Р ⁻¹ , см ² г ⁻¹		Минеральная продуктивность, мг м ² сутки						Корреляционные связи			
	С	Б	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		КП ФП ⁻¹ – МП		Ск Р ⁻¹ – МП	
			С	Б	С	Б	С	Б	С	Б	С	Б
100Б	–	14,87	–	93	–	41	–	75	–	–0,862	–	–0,837
75Б – 25С	5,05	8,73	430	181	110	81	172	133	–0,726	–0,730	–0,486	–0,866
50Б – 50С	6,98	9,27	340	213	87	111	135	164	–0,907	–0,823	–0,913	–0,895
25Б – 75С	8,82	19,31	268	89	68	38	107	67	–0,787	–0,791	–0,594	–0,838
100С	8,69	–	312	–	80	–	124	–	–0,915	–	–0,952	–
НСР _{0,95}	1,58	2,72	86	50	22	24	34	38	–	–	–	–

Функциональная связь поверхностей питания сосны имела вид отрицательной параболы и указывала на снижение показателей КП ФП⁻¹ и Ск Р⁻¹ при нарастании доли березы. Следовательно, сосна более подвержена межвидовой конкуренции и при росте доли березы вынуждена снижать долю КП и формировать более компактную корневую систему.

Минеральная продуктивность (МП) растений сосны была выше, чем у березы, по азоту, фосфору и калию в 3,4 1,9 и 1,6 раза соответственно (табл. 3).

Максимальное поглощение азота единицей активной поверхности корней в сутки наблюдалось у сосны при минимальной доле в смеси из-за более компактной корневой системы

и реакции на конкурента. В пределах породы МП варьировала в 1,6 раза. Поглощение же азота березой различалось в 2,4 раза и было максимальным при 75 % и 50 % березы в смеси. В вариантах 100Б и 25Б-75С наблюдались минимумы поглощения азота в опыте.

При кратковременных стрессах растение увеличивает поглотительную активность, что связано с большими затратами энергии [10], а при длительном стрессе увеличивает активную поверхность корней с одновременным снижением поглотительной деятельности. Поэтому береза увеличивала активную поверхность корней, а не их физиологическую активность. Растения же сосны не могли реализовать такую схему в полной мере из-

за сокращения своей ризосферы в результате вытесняющего воздействия березы.

Поглощение растениями сосны и березы фосфора и калия подчинялось тем же закономерностям, что и поглощение азота. Поглощение фосфора растениями сосны и березы в опыте изменялось в 1,6 и 2,9 раза, а калия – 1,6 и 2,4 раза соответственно.

Связь между КП ФП⁻¹ и МП, а также между отношением $Sk P^{-1}$ и МП у обеих пород была высокой отрицательной. Следовательно, относительный рост КП и $Sk P^{-1}$ вызывает снижение МП, а значит, размер активной поверхности корневой системы не является объективным показателем ее минеральной продуктивности.

Выводы

1. ЧПФ сосны была максимальной в варианте 100С и снижалась в вариантах с березой. В вариантах 100Б, 75Б-25С и 50Б-50С ЧПФ березы не менялась, но в варианте 25Б-75С достоверно возрастала на 16 % по сравнению с вариантом 100Б. При числе растений 1 млн га⁻¹ чистое сосновое насаждение депонировало 1,33, а березовое – 2,28 т углерода на 1 га.

2. БП сосны различалась в пределах опыта в 1,4 раза и была максимальной в варианте 100С, но достоверно снижалась, по сравнению с контролем, при добавлении 50–75 % березы. В вариантах 100Б и 75Б-25С у березы была минимальная БП, а в варианте 50Б-50С она достоверно повышалась. Сосна в контроле была продуктивнее березы на 14 %, но максимальная БП березы в опыте (50Б-50С и 25Б-75С) была выше, чем у сосны (100С) на 37 % и 32 % соответственно.

3. Максимальная минеральная продуктивность сосны при минимальном ее количестве в насаждении объясняется более компактной корневой системой как реакцией на конкурента – березу. Поглощение азота березой различалось в 2,4 раза и было максимальным при 75 % и 50 % березы в смеси. МП сосны и березы по фосфору и калию имело те же закономерности, что и поглощение азота. Размер активной поверхности корневой системы не является объективным показателем ее минеральной продуктивности.

4. Относительный рост КП березы в контроле и варианте 25Б-75С – неспецифическая реакция на стресс при внутривидовой и межвидовой конкуренциях. Сосна более подвержена межвидовой конкуренции и при росте доли березы снижает долю КП (вынуждена формировать более компактную корневую систему). В первые годы жизни в сосново-березовых фитоценозах продуктивность сосны лимитирует доля березы в составе, а продуктивность березы – внутривидовая конкуренция. При уходе за культурами сосны и естественно возобновившимися насаждениями доля березы не должна превышать 25 % в смеси.

Библиографический список

1. Неволин, О.А. Рост высокопродуктивных сосново-березовых насаждений в Емцовском учебно-опытном лесхозе / О.А. Неволин // Изв. вузов. Лесной журнал. – 1996. – № 6. – С. 7–12.
2. Годнев, Е.Д. Лесные культуры в сухих сосняках Бузулукского бора / Е.Д. Годнев, Л.Е. Годнев. – М., 1971. – 31 с.
3. Лосицкий, К.Б. Эталонные леса – 2-е изд., перераб. / К.Б. Лосицкий, В.С. Чуенков. – М.: Лесная пром-сть, 1980. – 192 с.
4. Ничипорович, А.А. О методах учета и изучения фотосинтеза как фактора урожайности / А.А. Ничипорович // Тр. ИФР АН СССР. – 1955. – Т. 10. – С. 210–249.
5. Тооминг, Х.Г. Методика измерения фотосинтетически активной радиации / Х.Г. Тооминг, Б.И. Гуляев. – М.: Наука, 1967. – 144 с.
6. Бобкова, К.С. Содержание углерода и калорийность органического вещества в лесных экосистемах Севера / К.С. Бобкова, В.В. Тужилкина // Экология. – 2000. – № 1. – С. 69–71.
7. Лебедев, В.М. Определение активной поверхности и минеральной продуктивности корневой системы плодовых и ягодных культур / В.М. Лебедев // Методика исследования и вариационная статистика в научном плодоводстве. Сб. докладов международной научно-практической конференции 25–26 марта 1998 г. – Мичуринск: Изд-во МГСХА, 1998. – Т. 2. – С. 39–42.
8. Лебедев, Е.В. Фотосинтез и биологическая продуктивность лиственницы сибирской и березы повислой при совместном выращивании на серой лесной почве / Е.В. Лебедев, А.В. Моисеев // Актуальные проблемы лесного хозяйства Нижегородского Поволжья и пути их решения. – Н. Новгород, НГСХА, 2005. – С. 139–150.
9. Маслаков, Е.Л. О возможности ранней диагностики быстрорастущих деревьев-лидеров / Е.Л. Маслаков, И.А. Маркова, Т.А. Шестакова // Лесоведение. – 2001. – № 1. – С. 25–31.
10. Harrison, A.F. Bioassay for comparing phosphorus availability in soil / A.F. Harrison, D.R. Helliwell // J. Appl. Ecol. – 1979. – Vol. 16. – P. 497–505.

ЖИЗНЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЕЛИ СИБИРСКОЙ (*PICEA OBOVATA* LEDEB.) И ПИХТЫ СИБИРСКОЙ (*ABIES SIBIRICA* LEDEB.) В ЮЖНО-УРАЛЬСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ПРИРОДНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

Ю.П. ГОРИЧЕВ, *с. н. с. лаборатории лесоведения Института биологии Уфимского НЦ РАН, канд. биол. наук,*

А.Н. ДАВЫДЫЧЕВ, *с. н. с. лаборатории лесоведения Института биологии Уфимского НЦ РАН, канд. биол. наук,*

А.Ю. КУЛАГИН, *проф. лаборатории лесоведения Института биологии Уфимского НЦ РАН, д-р биол. наук*

revet@pochta.ru; shur25@yandex.ru; smu@anrb.ru

В связи с усиливающейся антропогенной трансформацией лесной растительности жизненное состояние (ЖС) древостоев в настоящее время является объектом пристального внимания исследователей [1, 2, 7, 10].

Южно-Уральский государственный природный заповедник (ЮУГПЗ) расположен в центральной горной части Южного Урала в пределах Республики Башкортостан и Челябинской области. На территории ЮУГПЗ ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.) и пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.) являются основными лесообразователями двух лесных формаций – широколиственно-темнохвойных (неморально-бореальных) лесов, произрастающих в западной части, и горнотаежных (бореальных) темнохвойных лесов, распространенных в центральной и восточной частях ЮУГПЗ [4, 5].

В 2004–2008 гг. на территории ЮУГПЗ проведены стационарные исследования коренных и условно-коренных типов темнохвойных лесов. Исследованиями охвачены лесные сообщества, занимающие наиболее распространенные элементы рельефа (склоны разной экспозиций и крутизны и выположенные вершины хребтов). В наиболее распространенных типах лесорастительных условий по общепринятым методикам заложены 15 пробных площадей (ПП) в коренных и условно-коренных типах леса, из которых 9 ПП расположены в районе широколиственно-темнохвойных лесов, 6 ПП – в районе горнотаежных темнохвойных лесов [8, 9]. Основные таксационные характеристики древостоев (к древостою относили деревья диаметром 6 см и более на уровне груди) коренных и условно-коренных типов темнохвойных лесов, естественное подпоговое

возобновление основных лесообразователей и флористическое разнообразие нижних ярусов растительности охарактеризовано ранее [4–6].

Параллельно с таксационной характеристикой древостоев определялось ЖС деревьев. За основу бралась методика В.А. Алексеева [1, 2] с некоторыми изменениями применительно к естественным лесным сообществам. В ходе перечета с помощью бинокля (БПЦ 7Ч50) проводили визуальную оценку следующих диагностических признаков ЖС деревьев: густота кроны (в % от нормальной густоты); наличие на стволе мертвых сучьев (в % от общего количества сучьев на стволе); степень повреждения хвои патогенами и насекомыми (средняя площадь некрозов, хлорозов и объеданий в % от площади хвоинок).

Для определения ЖС деревьев использовалась вспомогательная таблица (табл. 1). При определении ЖС дерево относится к той категории, на которую указывает большинство исследуемых признаков – два из трех или все признаки. Нередко случается так, что все три показателя указывают на разные категории. В этом случае все они рассматриваются в комплексе, и выбирается наиболее оптимальная категория. Следует отметить, что при возникновении спорной ситуации наибольшее внимание уделяется повреждению хвои, а также повреждениям стволов разного рода: морозобойные трещины, раковые течи камеди, суховершинность, энтомопоражения (кладки яиц, стволовые заселения и т.д.), фитопатологические повреждения (образование на стволе плодовых тел грибов) и т.д. Характер и степень повреждения стволов могут в значительной степени повлиять на категорию ЖС дерева.

Вспомогательная таблица для определения категорий ЖС деревьев

Категория дерева	Диагностические признаки		
	густота кроны	наличие мертвых сучьев	степень повреждения листьев
1. здоровое	85–100 %	0–15 %	0–10 %
2. ослабленное	55–85 %	15–45 %	10–45 %
3. сильно ослабленное	20–55 %	45–65 %	45–65 %
4. отмирающее	0–20 %	70–100 %	70–100 %
5. сухое	0 %	100 %	нет листьев

Жизненное состояние древостоев ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) и пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) в ЮУГПЗ

Экспозиция склона, крутизна, № ПП,	Состав древостоя	Ель			Пихта		
		N	M	L	N	M	L
Широколиственно-темнохвойные леса							
Восточная, 5°, 1	4Е2П2С2Б+Лп, ед.Ос, Ол, Д	33	1,05	98,4	112	2,45	60,8
Восточная, 10°, 2	7Е2П1Ос+Б, ед.Лп, Ил, Кл	50	1,06	98,5	97	2,87	52,8
Западная, 5°, 4	6Е2П1Лп1Б, ед. Кл., Ил	27	1,02	99,6	113	2,08	70,8
Южная, 10°, 5	8П2Е+Б, ед. С, Лп	13	1,02	99,3	141	2,09	71,5
Северная, 5°, 6	4Е3П2С1Б+Ос, ед.Лп	34	1,06	98,3	109	2,62	57,9
Западная, 10°, 7	5Е4П1Б	42	1,34	90,6	170	2,69	54,3
Вершина, 0°, 8	6Е3П1Б, ед.Кл	66	1,23	93,8	128	2,86	50,4
Северная, 25°, 14	5Е3С2П, ед.Б	90	1,06	98,2	155	2,76	53,7
Западная, 15°, 31	5П3Е1Лп+Б, Кл, ед.Ил, Ряб	27	1,01	99,8	208	2,35	65,8
Горнотаежные темнохвойные леса							
Южная, 5°, 15	5Е4П1Л, ед.Б	57	1,00	100	169	2,38	64,6
Восточная, 10°, 16	7Е3П	64	1,01	99,6	139	2,00	75,7
Северная, 10°, 17	7П3Е	24	1,01	99,6	153	2,25	68,1
Северная, 10°, 18	6Е3П1Б, ед.С, Ряб	76	1,36	90,6	137	1,74	81,2
Западная, 15°, 19	7П3Е, ед.С	40	1,08	97,7	234	1,98	75,0
Южная, 25°, 20	5Е4П1С, ед.Б, Ос, Лп	67	1,18	95,5	169	2,35	65,6

Примечание: N – число деревьев на ПП, шт; M – средняя категория ЖС, L – индекс ЖС, %

После суммирования объемов стволов по классам повреждения производится оценка индекса ЖС всего древостоя по формуле В.А. Алексеева [1] с уточнением С.М. Бебия [3]

$$L_v = \frac{100v_1 + 70v_2 + 40v_3 + 10v_4}{V},$$

где L_v – индекс ЖС древостоя, %;

v_1, v_2, v_3, v_4 – объем древесины здоровых, ослабленных, сильно ослабленных и отмирающих деревьев на ПП, в м³;

100, 70, 40, 10 – коэффициенты, выражающие (в процентах) жизненное состояние здоровых, ослабленных, сильно ослабленных и отмирающих деревьев;

V – общий запас древесины на пробной площади, в м³ (включая объем сухостоя).

При показателе L_v 100–80 % ЖС древостоя оценивается как здоровое, при 79–50 древостой считается ослабленным, при 49–20 – сильно ослабленным, при 19 % и ниже – полностью разрушенным. Средняя категория ЖС (M) вычислялась по формуле средневзвешенного класса повреждений, составляющего древостой деревьев по запасу

$$M = \frac{\sum_{i=1}^5 i v_i}{V},$$

где M – средняя категория ЖС древостоя по запасу;

v_i – объем древесины деревьев i-го класса повреждения, м³;

i – номера классов повреждений деревьев;

V – общий запас древесины на пробной площади, м³.

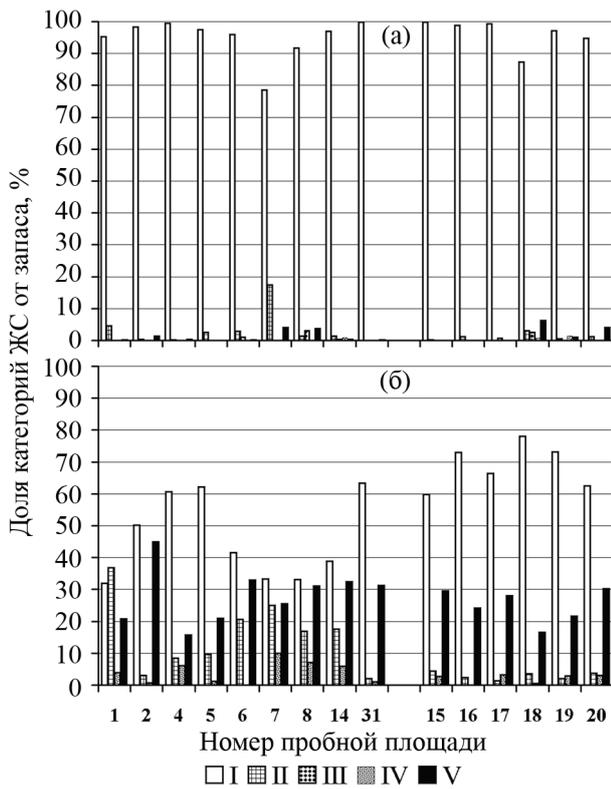


Рисунок. Спектры распределения деревьев ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) (а) и пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) (б) по категориям ЖС. Категории ЖС деревьев: 1 – здоровые, 2 – ослабленные, 3 – сильно ослабленные, 4 – отмирающие, 5 – сухие

С учетом величины М древостои отнесены к следующим категориям: здоровые древостои – (индекс 1,0–1,5), ослабленные (1,6–2,5), сильно ослабленные – 2,6–3,5, отмирающие – 3,6–4,5, сухие – более 4,6.

Результаты исследований показали, что в ЮУГПЗ ЖС деревьев ели и пихты и спектры их распределения по категориям ЖС существенно различаются. В целом еловая часть древостоя, как по значению средней категории ЖС (1,0–1,4), так и по величине индекса L (90,6–100 %), во всех исследованных насаждениях оценивается как здоровая (табл. 2).

Пихтовая часть древостоя по значению средней категории ЖС в широколиственно-темнохвойных лесах оценивается как ослабленная и сильно ослабленная (2,1–2,9), в горнотаежных лесах – как ослабленная (1,7–2,4), по величине индекса L в обеих формациях – как ослабленная. Индекс L для пихты в широколиственно-темнохвойных лесах варьирует в пределах 50–72 %, в горнотаежных лесах

– 65–81 % (лишь на одной ПП в горнотаежных лесах пихтовая часть древостоя отнесена к категории здоровых).

Наряду с интегральными характеристиками ЖС древесного яруса важной характеристикой является спектр распределений деревьев по категориям ЖС [2]. Анализ спектров распределений деревьев ели и пихты по категориям ЖС показал их значительные различия.

Ель лишь на трех ПП имеет полноценный спектр распределения по категориям ЖС (рисунок, а). На большинстве ПП отсутствуют деревья II–V категорий ЖС, в частности сухостой отсутствует на четырех ПП. Как в широколиственно-темнохвойных лесах, так и в горнотаежных лесах в составе древостоя абсолютно преобладают здоровые деревья ели (более 90 % по объему древесины), что обуславливает островершинность и резко выраженную положительную асимметрию спектра ЖС данного вида.

Пихта во всех исследованных насаждениях характеризуется полноценными спектрами ЖС. Спектры распределения деревьев пихты по категориям ЖС более симметричные и выровненные, чем у ели. В широколиственно-темнохвойных лесах доля здоровых особей по объему древесины колеблется от 31 до 63 %, доля участия особей II–IV категорий состояния – от 5 до 47 %, доля сухостойных деревьев – от 15 до 45 % (рис. (б)). В горнотаежных лесах доля здоровых деревьев превышает 60 % (60–78 %), доля участия особей II–IV категорий состояния – менее 11 % (3–11 %), доля сухостойных деревьев составляет от 16 до 30 %. Ослабленность пихты по сравнению с другими хвойными породами отмечается рядом исследователей [7]. Наличие в древостоях значительного количества ослабленных деревьев пихты, возможно, объясняется особенностью жизненной стратегии данного вида.

Полученные данные характеризуют особенности ЖС двух главных лесообразователей темнохвойных лесов Южного Урала – ели сибирской и пихты сибирской. Для пихты наблюдается значительное варьирование таких показателей, как индекс ЖС и доля здоровых особей. В ЮУГПЗ, в условиях отсутствия прямого техногенного загрязнения, снижение ЖС ели и пихты вызвано главным

образом абиотическими факторами и, прежде всего, условиями увлажнения почво-грунтов. Местообитания, периодически испытывающие временный дефицит почвенной влаги в летний период (крутые инсолируемые склоны, узкие водораздельные поверхности, зарастающие курумники), характеризуются ослабленным ЖС темнохвойных пород.

Библиографический список

1. Алексеев, А.С. Мониторинг лесных экосистем / А.С. Алексеев. – СПб.: СПбЛТА, 2003. – 116 с.
2. Алексеев, В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев / А.С. Алексеев // Лесоведение. – 1989. – №4. – С. 51–57.
3. Бебия, С.М. Дифференциация деревьев в лесу, их классификация и определение жизненного состояния древостоев / С.М. Бебия // Лесоведение. – 2000. – № 4. – С. 35–43.
4. Горичев, Ю.П. Характеристика широколиственно-темнохвойных лесов Южно-Уральского государственного природного заповедника / Ю.П. Горичев, А.Н. Давыдычев, Ф.Х. Алибаев // Вестник Оренбургского ГУ. – № 4(54). – 2006. – С. 30–33.
5. Горичев, Ю.П. Горнотаежные темнохвойные леса Южно-Уральского заповедника, состояние и особенности возобновления / Ю.П. Горичев, А.Н. Давыдычев, А.Ю. Кулагин и др. // Вестник Оренбургского ГУ. – Спец. выпуск. (75). – 2007. – С. 84–87.
6. Давыдычев, А.Н. Естественное возобновление темнохвойных лесов Южного Урала (на примере Южно-Уральского государственного природного заповедника) / А.Н. Давыдычев, А.Ю. Кулагин, Ю.П. Горичев // Вестник МГУЛ–Лесной вестник. – 2006. – № 3. – С. 46–54.
7. Демидко, Д.А. Виталитетная структура древостоев в малонарушенных темнохвойных лесах Прителецкого Алтая / Д.А. Демидко: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск, 2007. – 24 с.
8. Методы изучения лесных сообществ / Е.Н. Андреева, И.Ю. Баккал, В.В. Горшков и др. – СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. – 240 с.
9. Сукачев, В.Н. Методические указания к изучению типов леса – В.Н. Сукачев, С.В. Зонн. – М.: АН СССР. – 1961. – 227 с.
10. Торлопова, Н.В. Жизненное состояние коренных сосняков Печеро-Ильчского биосферного заповедника / Н.В. Торлопова, С.В. Ильчуков // Лесоведение. – 2003. – №3. – С. 34–40.

АНАЛИЗ СТРОЕНИЯ БЕРЕЗНЯКОВ ПРИКАМЬЯ ПО ДИАМЕТРУ СТВОЛОВ И ФИТОМАССЕ (НА ПРИМЕРЕ УДМУРТИИ)

П.А. СОКОЛОВ, *проф. каф. лесоустройства и экологии Ижевской ГСХА, д-р с-х. наук*,
 В.С. МАЛЬШЕВ, *асп. каф. лесоустройства и экологии Ижевской ГСХА*,
 А.А. ПЕТРОВ, *проф. каф. лесоустройства и экологии Ижевской ГСХА, канд. с-х. наук*,
 Д.А. ПОЗДЕЕВ, *доц. каф. лесоустройства и экологии Ижевской ГСХА, канд. с-х. наук*

info@izhgsa.ru

Береза повислая является одной из основных лесообразующих пород Прикамья. Поэтому изучение строения березняков и выявление их оптимальной структуры является актуальной региональной задачей.

Под строением понимается распределение отдельных деревьев в древостое по значениям таксационных показателей ствола, кроны и корневой системы. Наиболее изучены закономерности строения древостоев по таксационным показателям ствола (диаметр, высота, объем, площадь сечения, видовое число, коэффициент формы, прирост и др.).

Ряд распределения деревьев по диаметру ствола характеризует степень участия в образовании древостоя и является основным таксационным показателем древостоя

элемента леса. Ряды распределения используются при составлении товарных таблиц.

Общепринятыми понятиями являются ранг дерева и редуцированное число, которые были введены впервые применительно к диаметру стволов. Ранг – это положение дерева в порядке последовательного увеличения его таксационного показателя; редуцированное число – значение показателя в долях от его среднего значения [2].

В 1927 г. проф. А.В. Тюрин [3] ввел понятие «естественной ступени толщины» как размерности ступени диаметра, выраженной в долях среднего диаметра, принятого за 1,0. Это позволило сравнить строение различных категорий древостоев и сделать определенные обобщения и выводы. В частности,

проф. А.В. Тюриным был установлен закон постоянства строения простых чистых одно-возрастных насаждений: процентное распределение деревьев по естественным ступеням толщины не зависит от породы, класса бонитета, полноты, среднего диаметра древостоя, лишь несколько зависит от возраста и в большей степени – от интенсивности рубок ухода за лесом. Тем не менее, по однородности строения им была составлена таблица процентного распределения деревьев в древостое по ступеням толщины в зависимости от среднего диаметра.

Изучение строения смешанных и сложных насаждений продолжил проф. Н.В. Третьяков и установил закон единства в строении насаждений: строение элемента леса во всех случаях носит постоянный характер, независимо от породы, класса бонитета, среднего возраста, полноты, доли участия в составе древостоя яруса [2].

Более поздними исследованиями (Н.П. Анучин, В.К. Захаров, М.Л. Дворецкий, К.Е. Никитин, А.Г. Мошкалев, В.В. Загреев, П.А. Соколов, Р.И. Поноровский, В.А. Усольцев [4] и др.) внесен значительный вклад в изучение строения древостоев различных пород, условий местопрорастания, возрастной и пространственной структуры, полнот и т.д. Выявлено, что концепции постоянства и единства строения насаждений, выдвинутые А.В. Тюриным и Н.В. Третьяковым, не являются универсальными. Они действуют лишь в узком диапазоне экологических факторов [5]. В рядах распределения деревьев по таксационным показателям в древостоях меняются место среднего дерева, редуцированные числа по рангам, размах ряда, величина асимметрии и эксцесса. Следовательно, возникает необходимость разработки дифференцированных нормативных материалов для таксации древостоев вместо всеобщих.

Для изучения строения по диаметру стволов в древостоях были использованы данные перерубов деревьев при отводе лесосек в количестве 89 шт. и круговых пробных площадей в количестве 135 шт., заложенных в насаждениях подзоны южной тайги и в хвойно-широколиственных лесах. Предвари-

тельный анализ показал, что какой-либо зависимости строения по диаметру стволов от производительности древостоев, полноты и лесорастительных зон не наблюдается. Поэтому данные перерубов независимо от лесорастительных условий сгруппированы по 2 (при среднем диаметре древостоя 8–14 см) и 4-сантиметровым ступеням среднего диаметра (при среднем диаметре 16–40 см), в пределах которых вычислено общее число деревьев по ступеням толщины и выявлен их процент от общего числа деревьев.

Т а б л и ц а 1

Статистические показатели рядов распределения по диаметру стволов в древостоях березы

Средний диаметр, см	Статистические показатели		
	коэффициент варьирования, <i>V</i> , %	коэффициент асимметрии, <i>A</i>	коэффициент эксцесса, <i>E</i>
8	44,4	0,57	-0,12
10	31,8	0,25	0,05
12	25,7	0,29	-0,35
14	23,1	0,38	-0,25
16	31,2	0,91	0,95
20	30,4	0,45	0,11
24	26,6	0,19	-0,14
28	26,7	0,30	-0,20
32	25,2	0,18	-0,18
36	23,3	0,28	-0,01
40	22,0	0,27	-0,39

Т а б л и ц а 2

Ряды распределения числа деревьев в % по ступеням толщины в древостоях березы средним диаметром 8–14 см

Ступень толщины	Число деревьев в % при среднем диаметре, см			
	8	10	12	14
2	7,9	0,9	–	–
4	19,8	5,0	–	–
6	26,6	14,9	3,8	–
8	22,1	25,3	13,6	5,1
10	13,1	25,7	23,2	14,6
12	6,7	16,9	24,8	23,5
14	2,9	7,8	18,9	23,9
16	0,9	2,8	10,8	17,4
18	–	0,7	4,2	9,8
20	–	–	0,7	4,3
22	–	–	–	1,4
Σ	100	100	100	100

Т а б л и ц а 3

**Ряды распределения числа деревьев в % по ступеням толщины
в древостоях березы средним диаметром 16–40 см**

Ступень толщины	Число деревьев в % при среднем диаметре, см						
	16	20	24	28	32	36	40
8	8,6	3,6	0,9				
12	31,3	13,6	5,1	2,1	0,8		
16	35,5	25,5	14,1	7,1	3,1	0,9	
20	14,6	26,8	23,3	14,6	7,9	3,3	1,4
24	5,7	17,5	24,9	20,7	14,4	8,1	4,5
28	3,4	8,4	18,1	20,9	19,2	14,4	9,4
32	0,9	3,5	9,3	16,4	19,6	18,9	14,6
36		1,1	3,4	10,3	15,9	19,2	17,7
40			0,9	5,2	10,5	15,4	17,4
44				2,1	5,5	10,0	14,4
48				0,6	2,3	5,6	10,3
52					0,8	2,7	6,1
56						1,1	3,0
60						0,4	1,2
Σ	100	100	100	100	100	100	100

Т а б л и ц а 4

Распределение деревьев по ступеням толщины в ельниках и березняках Прикамья

Ступень толщины деревьев, см	Число деревьев в % при среднем диаметре древостоя, см									
	20		24		28		32		36	
	ель	береза	ель	береза	ель	береза	ель	береза	ель	береза
8	4,3	3,6	0,7	0,9	–	–	–	–	–	–
12	13,8	13,6	8,8	5,1	5,2	2,1	3,3	0,8	2,0	–
16	22,9	25,5	16,5	14,1	11,0	7,1	7,3	3,1	4,8	0,9
20	24,7	26,8	21,1	23,3	15,5	14,6	10,6	7,9	7,1	3,3
24	17,2	17,5	20,0	24,9	18,3	20,7	15,0	14,4	11,6	8,1
28	10,5	8,4	14,2	18,1	17,0	20,9	16,1	19,2	14,1	14,4
32	4,0	3,5	9,1	9,3	13,1	16,4	14,6	19,6	15,2	18,9
36	2,0	1,1	5,0	3,4	9,0	10,3	12,3	15,9	13,7	19,2
40	0,4	–	2,6	0,9	5,4	5,2	8,8	10,5	11,4	15,4
44	0,2	–	1,3	–	3,0	2,1	5,5	5,5	7,9	10,0
48	–	–	0,5	–	1,4	0,6	3,6	2,3	5,3	5,6
52	–	–	0,2	–	0,7	–	1,7	0,8	3,1	2,7
56	–	–	–	–	0,3	–	0,7	–	1,6	1,1
60	–	–	–	–	0,1	–	0,4	–	1,0	0,4
64	–	–	–	–	–	–	0,1	–	0,7	–
68	–	–	–	–	–	–	–	–	0,3	–
72	–	–	–	–	–	–	–	–	0,2	–
Σ	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Полученные ряды распределения выровнены с применением общеизвестной формулы Шарлье с вычислением коэффициентов варьирования (V), асимметрии (A) и эксцесса (E) (табл. 1–3).

Коэффициент варьирования уменьшается с увеличением среднего диаметра древостоя: в тонкомерных ступенях среднего

диаметра (8–14 см) от 44 % до 23 %; при среднем диаметре 16–40 см – от 31 % до 22 %.

Коэффициент асимметрии при всех ступенях среднего диаметра оказался положительным. Следовательно, по сравнению с кривой нормального распределения эти кривые являются скошенными влево, с более пологой правой частью – «шлейф» справа.

Какой-либо зависимости коэффициента асимметрии от среднего диаметра не наблюдается. Наименьшая его величина составила 0.18, наибольшая – 0.91.

Какой-либо зависимости коэффициента эксцесса от среднего диаметра древостоя не наблюдается. Для ступеней среднего диаметра 8, 12, 14, 24 ...40 коэффициент эксцесса имеет отрицательное значение. Следовательно, по сравнению с кривой нормального распределения в указанных ступенях среднего диаметра наблюдается меньшая концентрация числа наблюдений. В остальных ступенях среднего диаметра кривые распределения имеют большую крутизну по сравнению с кривой нормального распределения.

Сравнение рядов распределения еловых [5] и березовых древостоев Прикамья показывает, что наибольшее расхождение в процентном распределении числа деревьев по ступеням толщины достигает 5,5 % (табл. 4). «Растянутость» рядов распределения в березняках на 3–4 ступени толщины меньше, чем в ельниках, в силу чего разница в коэффициентах варьирования числа стволов в ельниках и березняках может достигать 9 %.

Для составления объемных таблиц, развернутых для определения общей надземной фитомассы, заложены круговые пробные площади в количестве 206 штук с рубкой модельных деревьев до 3 шт. на каждой пробной площади. Модельные деревья разделялись на две категории. У большинства из них определялись только 4 показателя: диаметр на высоте 1,3 м, длина ствола, масса кроны и объем ствола по простой формуле трех срединных сечений. У остальных деревьев, взятых из разных ступеней толщины, проводился подробный учет суч-

ков и замер диаметров ствола через каждые 2 м для последующего определения объема ствола по сложной формуле срединного сечения. При этом кроны разделялись на три равные по длине части, для каждой из которых измерялся диаметр у основания и длина всех сучков, путем взвешивания определялась их масса.

Для определения процентного содержания в кроне толстых сучков (диаметром более 8 мм, тонких побегов ($d < 8$ мм) и листьев для каждой из трех частей кроны отбиралось по одной средней ветви, отделялись тонкие облиственные побеги и взвешивались отдельно от толстых сучков. Из массы облиственных побегов для каждой модельной ветви отбиралась навеска массой около 100 г, в которой побеги отделялись от листьев и взвешивались раздельно на аптекарских весах с точностью до одного грамма. Навески сохранялись для определения абсолютно сухой массы побега и листы в камеральных условиях.

Для определения влажности древесины и удельной массы ствола, сучков, побегов и листьев взяты образцы в трех частях ствола и кроны для последующего определения абсолютно сухой массы.

Все пробные площади разнесены по значениям средних диаметров и высот. С учетом этих показателей образовано 3 разряда высот, по которым распределены все модельные деревья по значениям ступеней толщины. Для каждой ступени вычислены средние значения высот, объемов и массы деревьев по каждому разряду высоты и проведено аналитическое выравнивание этих показателей в зависимости от диаметра ствола.

Составленные таблицы объемов и фитомасса деревьев приведены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Абсолютно сухая масса стволов и кроны березы по разрядам высот древостоев

d 1,3 ствола, см	h ство- ла, м ³	v ствола, м ³	Абсолютно сухая масса кроны (mk), кг				Масса ствола (mc), кг	Общая масса (mo), кг
			всего	сучки $d > 8$	побеги $d < 8$	листья		
Разряд высоты 1								
2	4,5	0,0012	0,20	0,01	0,12	0,07	0,67	0,87
4	8,0	0,006	0,80	0,10	0,43	0,27	3,34	4,14
6	11,0	0,016	1,40	0,30	0,67	0,43	8,91	10,31
8	13,8	0,035	2,30	0,66	0,98	0,66	19,50	21,80
10	16,2	0,064	3,50	1,19	1,36	0,95	35,6	39,1
12	18,5	0,104	4,90	1,90	1,75	1,25	57,9	62,8
14	20,2	0,150	6,70	2,87	2,22	1,61	83,6	90,3

<i>d</i> 1,3 ствола, см	<i>h</i> ство- ла, м ³	<i>v</i> ствола, м ³	Абсолютно сухая масса кроны (<i>mk</i>), кг				Масса ствола (<i>ms</i>), кг	Общая масса (<i>mo</i>), кг
			всего	сучки <i>d</i> > 8	побеги <i>d</i> < 8	листья		
16	21,9	0,206	9,00	4,19	2,75	2,05	115	124
18	23,2	0,300	12,00	6,04	3,42	2,54	167	179
20	24,5	0,37	18,0	9,7	4,8	3,5	206	224
22	25,5	0,46	24,0	13,8	5,8	4,4	256	280
24	26,3	0,58	34,0	20,7	7,6	5,7	323	357
26	27,1	0,69	44,0	28,3	9,0	6,7	384	428
28	27,8	0,88	50,0	33,8	9,4	6,8	490	540
32	28,9	1,05	84	61	13	10	585	669
36	29,9	1,34	115	87	17	11	746	861
40	30,5	1,65	148	113	21	14	919	1067
44	31,2	1,98	179	137	25	17	1103	1282
48	31,8	2,36	208	163	26	19	1314	1522
52	32,3	2,79	241	195	26	20	1554	1795
Разряд высоты 2								
2	4,3	0,0011	0,30	–	0,19	0,11	0,61	0,91
4	7,1	0,005	1,00	0,01	0,62	0,37	2,78	3,78
6	10,7	0,013	1,60	0,35	0,76	0,49	7,24	8,84
8	12,9	0,030	2,60	0,74	1,11	0,74	16,71	19,31
10	14,9	0,056	4,00	1,36	1,56	1,08	31,2	35,2
12	16,8	0,093	5,50	2,13	1,97	1,40	51,8	57,3
14	18,8	0,138	7,50	3,21	2,48	1,81	76,9	84,4
16	19,5	0,190	10,01	4,66	3,07	2,27	106	116
18	20,8	0,270	14,00	7,04	3,99	2,97	150	164
20	22,6	0,350	21,00	11,30	5,54	4,14	195	216
22	23,3	0,430	30,00	17,20	7,29	5,46	240	270
24	24,1	0,530	40,0	24,4	9,0	6,6	295	335
26	24,9	0,630	53,0	34,1	10,9	8,0	351	404
28	25,6	0,740	66,0	44,6	12,4	9,0	412	478
32	26,7	0,970	97,0	70,4	15,6	11,0	540	637
36	27,6	1,23	130,0	98,4	18,9	12,7	685	815
40	28,4	1,52	164,0	125,3	22,8	15,9	847	1011
44	29,1	1,84	198	152	27	19	1025	1223
48	29,6	2,19	233	184	28	21	1220	1453
52	30,1	2,56	270	219	29	22	1426	1696
Разряд высоты 3								
2	4,0	0,0010	0,40	–	0,25	0,15	0,56	0,96
4	6,8	0,0045	1,10	0,14	0,59	0,36	2,51	3,61
6	9,4	0,0110	1,90	0,41	0,91	0,58	6,13	8,03
8	11,5	0,0240	3,00	0,86	1,28	0,82	13,37	16,37
10	13,5	0,0480	4,50	1,53	1,75	1,22	26,74	31,24
12	15,2	0,0830	6,20	2,41	2,22	1,57	46,2	52,4
14	16,8	0,1260	8,30	3,55	2,75	2,00	70,2	78,5
16	18,0	0,174	11,20	5,22	3,44	2,54	96,9	108
18	19,2	0,240	16,00	8,05	4,56	3,39	134	150
20	20,2	0,310	24,0	12,9	6,3	4,7	173	197
22	21,1	0,390	35,0	20,1	8,5	6,4	217	252
24	21,9	0,470	47,0	28,7	10,5	7,8	262	309
26	22,7	0,580	61,0	39,3	12,5	9,2	323	384
28	23,3	0,660	75,0	50,6	14,1	10,3	368	443
32	24,5	0,880	108,0	78,4	17,4	12,2	490	598
36	25,4	1,12	144,0	109,0	20,9	14,1	634	778
40	26,2	1,40	181	138	25	18	780	961
44	26,9	1,69	216	165	30	21	941	1157
48	27,5	2,01	254	199	31	24	1120	1374
52	27,9	2,36	298	241	32	25	1314	1612

Зависимость высот от диаметра ствола на высоте 1,3 м передается уравнениями связи

1 разряд

$$y = 0,0004d^3 - 0,0433d^2 + 1,8925d + 1,1267; \\ R^2 = 0,99;$$

2 разряд

$$y = 0,0003d^3 - 0,037d^2 + 1,6666d + 1,4411; R^2 = 0,99;$$

3 разряд

$$y = 0,0003d^3 - 0,0315d^2 + 1,4701d + 1,493; \\ R^2 = 0,99.$$

Диаметр и объем ствола передаются уравнением регрессии вида

1 разряд

$$y = -5E-06d^3 + 0,0014d^2 - 0,0082d + 0,0082; \\ R^2 = 0,99;$$

2 разряд

$$y = -5E-06d^3 + 0,0013d^2 - 0,0082d + 0,0118; \\ R^2 = 0,99;$$

3 разряд

$$y = -4E-06d^3 + 0,0012d^2 - 0,008d + 0,0127; \\ R^2 = 0,99.$$

Диаметр и масса кроны

1 разряд

$$y = -0,0013d^3 + 0,2182d^2 - 3,5078d + 13,005; \\ R^2 = 0,99;$$

2 разряд

$$y = -0,0015d^3 + 0,2128d^2 - 3,7006d + 13,138; \\ R^2 = 0,99;$$

3 разряд

$$y = -0,0016d^3 + 0,2621d^2 - 3,8573d + 13,37; \\ R^2 = 0,99.$$

Диаметр и общая масса дерева

1 разряд

$$y = -0,0041d^3 + 1,0189d^2 - 7,9733d + 17,568; \\ R^2 = 0,99;$$

2 разряд

$$y = -0,004d^3 + 0,9882d^2 - 8,2859d + 19,731; \\ R^2 = 0,99;$$

3 разряд

$$y = -0,004d^3 + 0,9622d^2 - 8,6552d + 21,699; \\ R^2 = 0,99.$$

Вновь составленные таблицы могут быть использованы для таксации фитомассы при отводе лесосек, при создании древостоев на углерод и других целей.

Библиографический список

1. Курбанов, Э.А. Углероддепонирующие насаждения Киотского протокола: монография / Э.А. Курбанов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 184 с.
2. Анучин, Н.П. Лесная таксация: Учеб. для вузов – 5-е изд. / Н.П. Анучин. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 552 с.
3. Тюрин, А.В. Лесная вспомогательная книжка / А.В. Тюрин, И.М. Науменко, П.В. Воропанов. – М.: Гослесбумиздат, 1956. – 524 с.
4. Усольцев, В.А. Фитомасса лесов северной Евразии. Нормативы и элементы географии / В.А. Усольцев // НИСО УрО РАН. – Екатеринбург: Ботанический сад УрО РАН, 2002. – 762 с.
5. Соколов, П.А. Таксация ельников Прикамья (на примере Удмуртии): монография / П.А. Соколов, А.А. Петров. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2004. – 272 с.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ХРОНИЧЕСКОГО ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В РАЙОНЕ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ (СМЕШАННЫХ) ЛЕСОВ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РФ (БРЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

И.Н. ГЛАЗУН, доц. каф. садово-паркового и ландшафтного строительства БрГИТА, канд. с-х. наук,

А.В. СКОК, доц. каф. садово-паркового и ландшафтного строительства БрГИТА, канд. биол. наук,

Е.Н. САМОШКИН, проф. каф. садово-паркового и ландшафтного строительства БрГИТА, д-р биол. наук

mail@bgita.ru

Хвойные древесные растения наиболее радиочувствительны. Острое воздействие ионизирующих излучений приводит к замедлению роста, угнетению репродуктивной способности

деревьев. Наиболее чувствительны стадии гаметогенеза, зиготы и молодых проростков. Стадии роста растений, особенно полной зрелости семян, относительно радиостойчивы [1].

Более 20 лет в лесах района наблюдается мощный хронический пресс ионизирующего излучения. В качестве одного из критериев состояния репродуктивной способности древесных растений в условиях радиоактивного загрязнения является их способность формировать семена, биологические качества которых оцениваются по всхожести и массе.

Пробные площади (ПП) расположены в насаждениях Клинцовского лесничества с разной плотностью загрязнения почвы (ПЗП) Cs^{137} : в зоне отчуждения – ПЗП свыше 80 Ки/км², кв.4, ПП № 31, мощность экспозиционной дозы (МЭД) = 758,1 мкР/ч; ПЗП – 40...80 Ки/км², кв.21, ПП № 35, МЭД = 260,1 мкР/ч; в зоне проживания с правом на отселение – ПЗП 5,1...15 Ки/км², кв.14, ПП №32, МЭД = 51,4 мкР/ч и в относительно чистой зоне – ПЗП менее 1 Ки/км², Учебно-опытное лесничество, кв.75, ПП № 15, МЭД = 12 мкР/ч – контроль.

Исследования проводили на 4 ПП, на каждой отобрано по 15 модельных деревьев. Ежегодно под каждым модельным деревом в трехкратной повторности проводили измерения МЭД на высоте 1 м и на почве дозиметром ДРГ – 01Т с точностью до 1,0 мкР/ч, затем вычисляли среднюю.

С модельных деревьев в течение 3 лет собирали по 30...50 шишек из средней части кроны с южной стороны. Определяли массу 1000 семян с точностью до 0,01 г. Для анализа семенной продуктивности с каждого модельного дерева получали семена, которые хранили в сухом неотапливаемом помещении в стеклянных пузырьках с притертой пробкой при $t = 0...+5^{\circ}C$.

Проращивание семян проводили по ГОСТ 13056.6 – 97 [2] на растильном аппарате при t – около $+26^{\circ}C$. От каждого модельного дерева бралось по 200 семян (2 повторности по 100 семян). Учет всхожести семян проводился ежедневно в течение 15 дней.

Были вычислены [3]: $M \pm m_x$, C , %, $r \pm m_{\text{факт}}$, достоверность различия $M \pm m_x$ оценивали по t критерию Стьюдента с учетом 3 доверительных уровней ($P = 95; 99; 99,9\%$). Уровень изменчивости (C , %) признаков устанавливали по шкале [4]: очень высокий – >40 , высокий – 21...40, средний – 13...20, низкий – 7...12, очень низкий – <7 .

Анализ показывает (табл. 1), что в целом всхожесть семян из радиоактивно загрязненных насаждений достаточно высокая. Семена кондиционные (всхожесть более 65 % на всех участках). В первый год наблюдений всхожесть семян на всех ПП ниже, чем в контроле (ПП № 15), хотя различие недостоверно. Причем на участке с максимальным уровнем загрязнения (ПП № 31) она в течение 3 лет не превышала контроль. Во второй год наблюдения всхожесть семян на ПП № 35 ($82,23 \pm 6,205\%$) и на ПП №32 ($78,06 \pm 7,385\%$) была выше, чем в контроле ($72,07 \pm 9,584\%$), но различие несущественно. В третий год на ПП № 31 всхожесть семян ($66,47 \pm 5,867\%$) снижена достоверно по сравнению с контролем ($t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}, P = 95\%$).

Наиболее высокая средняя всхожесть семян отмечена в контроле ($81,44 \pm 5,720\%$), наименьшая ($75,00 \pm 6,063\%$) – при самом высоком загрязнении (ПП № 31), но различие незначимо. В контроле всхожесть семян варьировала от $91,81 \pm 2,708\%$ (1 год) до $72,07 \pm 9,584\%$ (2 год), на ПП № 31 – с $86,73 \pm 2,025\%$ (1 год) до $66,47 \pm 5,867\%$ (3 год). Интересно, что, несмотря на снижение МЭД, всхожесть семян на всех ПП уменьшается от 1 к 3 году, т.е. проявляется кумулятивный эффект радиации, решающее значение, видимо, имеет суммарная поглощенная доза облучения.

Корреляция всхожести семян с МЭД на всех участках высокая и положительная, но недостоверная, т.е. можно говорить только о тенденции снижения всхожести семян при уменьшении радиоактивного облучения со временем.

Масса 1000 семян при МЭД = 51,4 мкР/ч (ПП № 32) несущественно увеличена в сравнении с контролем в первый год наблюдений ($8,15 \pm 0,283$ г) и достоверно – в третий ($8,36 \pm 0,658$ г): $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}, P = 95\%$. На ПП №35 (МЭД = 260,1 мкР/ч) минимальная масса семян ($6,67 \pm 0,334$ г) зафиксирована в первый и третий годы ($6,19 \pm 0,629$ г), но различие с контролем несущественно. Во второй год, наоборот, максимальная масса семян ($7,64 \pm 0,842$ г) отмечена при МЭД = 239,7 мкР/ч, а минимальная ($6,61 \pm 0,416$ г) – при МЭД = 41,8 мкР/ч, но различие с контролем недостоверно.

Всхожесть, масса семян сосны и их корреляция с МЭД

Квартал, № ПП, ПЗП, Ки/км ²	Показатели	1 год	$t_{\text{факт}}$	2 год	$t_{\text{факт}}$	3 год	$t_{\text{факт}}$	Средние			Корреляция с МЭД	
								$M \pm m_x$	$t_{\text{факт}}$	C, %	$r \pm m_r$	$t_{\text{факт}}$
4, № 31, свыше 80	МЭД, мкр/ч на $h = 1$ м на почве	$\frac{615,4 \pm 11,00}{758,1 \pm 23,49}$		$\frac{579,6 \pm 18,48}{685,5 \pm 33,77}$		$\frac{546,4 \pm 32,77}{643,7 \pm 19,26}$						
	Всхожесть, %	$86,73 \pm 2,025$	1,50	$71,80 \pm 5,125$	0,02	$66,47 \pm 5,867$	2,12	$75,00 \pm 6,063$	0,77	14,0	$+0,994 \pm 0,113$	8,83
	Масса 1000 семян, г	$7,12 \pm 0,238$	0,68	$6,95 \pm 0,029$	0,29	$6,66 \pm 0,232$	0,91	$6,91 \pm 0,136$	0,10	3,42	$+0,954 \pm 0,299$	3,19
21, № 35, 40...80	МЭД, мкр/ч на $h = 1$ м на почве	$\frac{210,2 \pm 2,57}{260,1 \pm 6,01}$		$\frac{186,5 \pm 14,28}{239,7 \pm 28,54}$		$\frac{205,6 \pm 4,60}{239,1 \pm 8,94}$						
	Всхожесть, %	$85,45 \pm 2,353$	1,77	$82,23 \pm 6,205$	0,89	$75,20 \pm 5,712$	0,81	$80,96 \pm 3,026$	0,07	6,5	$+0,758 \pm 0,652$	1,16
	Масса 1000 семян, г	$6,67 \pm 0,334$	1,61	$7,64 \pm 0,842$	0,87	$6,19 \pm 0,629$	0,32	$6,83 \pm 0,425$	0,08	10,77	$-0,167 \pm 0,986$	0,17
14, № 32, 5...15	МЭД, мкр/ч на $h = 1$ м на почве	$\frac{38,9 \pm 1,44}{51,4 \pm 1,98}$		$\frac{35,6 \pm 1,40}{41,8 \pm 2,01}$		$\frac{32,5 \pm 2,18}{40,3 \pm 0,67}$						
	Всхожесть, %	$78,68 \pm 6,825$	1,79	$78,06 \pm 7,385$	0,50	$75,98 \pm 6,452$	0,63	$77,57 \pm 0,816$	0,67	1,8	$+0,764 \pm 0,645$	1,18
	Масса 1000 семян, г	$8,15 \pm 0,283$	1,97	$6,61 \pm 0,416$	0,52	$8,36 \pm 0,658$	2,89	$7,71 \pm 0,554$	1,34	12,46	$+0,285 \pm 0,959$	0,30
75, № 15 контроль	МЭД, мкр/ч на $h = 1$ м на почве	$\frac{10,0 \pm 0,47}{12,0 \pm 0,59}$		$\frac{10,0 \pm 0,09}{12,0 \pm 0,09}$		$\frac{10,0 \pm 0,49}{12,0 \pm 0,62}$						
	Всхожесть, %	$91,81 \pm 2,708$		$72,07 \pm 9,584$		$80,45 \pm 3,003$		$81,44 \pm 5,720$		12,2		
	Масса 1000 семян, г	$7,37 \pm 0,278$		$6,87 \pm 0,271$		$6,40 \pm 0,166$		$6,88 \pm 0,279$		7,03		

Примечание: для ПП № 31, 32, 35 $t_{\text{табл}}$ по годам при $P = 95\% - 2,04$, $P = 99\% - 2,76$; $P = 99,9\% - 3,66$; для ПП № 31, 32, 35 $t_{\text{табл}}$ среднее при $P = 95\% - 2,73$, $P = 99\% - 4,59$; $P = 99,9\% - 8,52$; для ПП № 31, 32, 35 $t_{\text{табл}}$ для $r \pm m_r$ при $P = 95\% - 12,71$, $P = 99\% - 63,66$; $P = 99,9\% - 64,60$.

Корреляция всхожести семян с МЭД по годам

Показатели	1 год	2 год	3 год	среднее
По всем ПП (с контролем)				
$r \pm m_r$	$+0,083 \pm 0,705$	$-0,295 \pm 0,674$	$-0,958 \pm 0,204$	$-0,726 \pm 0,487$
$t_{\text{факт}}$	0,12	0,44	4,70	1,49
ПП № 31, 32, 35				
$r \pm m_r$	$+0,821 \pm 0,571$	$-0,756 \pm 0,654$	$-0,968 \pm 0,252$	$-0,614 \pm 0,789$
$t_{\text{факт}}$	1,44	1,16	3,83	0,78

Корреляция массы 1000 семян с МЭД по годам

Показатели	1 год	2 год	3 год	Среднее
По всем ПП (с контролем)				
$r \pm m_r$	-0,448±0,632	-0,205±0,692	-0,316±0,671	-0,395±0,650
$t_{\text{факт}}$	0,71	0,30	0,47	0,61
ПП № 31, 32, 35				
$r \pm m_r$	-0,492±0,871	+0,111±0,994	-0,602±0,799	-0,684±0,729
$t_{\text{факт}}$	0,56	0,11	0,75	0,94

Примечание: для всех ПП с контролем $t_{\text{табл}}$ при $P = 95\% - 4,30$, $P = 99\% - 9,92$, $P = 99,9\% - 31,70$; для ПП №31, 32, 35 $t_{\text{табл}}$ при $P = 95\% - 12,71$, $P = 99\% - 63,66$, $P = 99,9\% - 636,62$.

Незначимо варьирует по сравнению с контролем средняя масса семян. Максимальная средняя масса семян (7,71±±0,554 г) зафиксирована при ПЗП 5...15 Ки/км², минимальная (6,83±±0,425 г) при ПЗП 40...80 Ки/км², но различие несущественно. На участках с ПЗП свыше 80 Ки/км² наблюдается тенденция снижения по годам массы семян ($r = +0,954 \pm 0,299$), но $t_{\text{факт}} < t_{\text{табл}}$. При ПЗП 40...80 Ки/км² и 5...15 Ки/км² не установлена зависимость массы семян от уровня МЭД.

Очень низкая изменчивость средней всхожести семян ($C = 1,8\%$) зафиксирована при ПЗП 5...15 Ки/км². Это свидетельствует о выравнивании популяции по всхожести семян, что характерно для эффекта гетерозиса растений; с ростом уровня загрязнения (ПЗП свыше 80 Ки/км²) изменчивость увеличивается ($C = 14,0\%$ – средняя степень), что характерно для появления в генотипе индуцированных мутаций. При самой высокой ПЗП (свыше 80 Ки/км²) отмечена очень низкая изменчивость массы семян ($C = 3,42\%$), т.е. высокое радиационное загрязнение способствует также выравниванию массы семян.

Зафиксирована только отрицательная и несущественная связь (табл. 2) средней всхожести семян с МЭД при анализе всех ПП с контролем ($r = -0,726 \pm 0,487$) и отдельно в радиоактивно загрязненных насаждениях (ПП № 31, 32 и 35): $r = -0,614 \pm 0,789$. В третий год отмечена достоверная отрицательная связь всхожести семян с МЭД при анализе всех ПП с контролем ($r = -0,958 \pm 0,204$, $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$, $P = 95\%$), но несущественная – при анализе ПП № 31, 32, 35. По всем ПП с кон-

тролем и отдельно по ПП №31, 32, 35 связь всхожести семян с МЭД в первый год положительная, но недостоверная, во второй и третий годы отрицательная, но также несущественная.

Корреляция (r) массы 1000 семян с МЭД по годам и средней массы семян (таблица 3) – везде, кроме ПП № 31, 32, 35 (2 год), отрицательная несущественная.

Таким образом, средние показатели всхожести и массы семян сосны в большинстве вариантов не отличаются от контроля, однако, хотя по годам МЭД уменьшается, всхожесть семян недостоверно, но продолжает снижаться, т.е. проявляется кумулятивный эффект ионизирующей радиации. При самых высоких показателях МЭД несколько возрастает вариабельность средней всхожести семян, но изменчивость массы семян снижена, т.е. произошло выравнивание массы семян в зоне отчуждения; при низких МЭД (ПП № 35, 32), наоборот, изменчивость массы семян увеличена, что может свидетельствовать о мутационной активности генотипа.

Библиографический список

1. Позолотина, В.Н. Отдаленные последствия действия радиации на растения: дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.16. / Позолотина Вера Николаевна. – Екатеринбург, 2001. – 401 с.
2. ГОСТ 13056. – 97 Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 27 с.
3. Зайцев, Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. – М.: Наука, 1990. – 240 с.
4. Мамаев, С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений / С.А. Мамаев. – М.: Наука, 1972. – 283 с.

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТЕНИЙ-ЭКЗОТОВ В ЛЕСНЫХ КУЛЬТУРАХ И В ОЗЕЛЕНЕНИИ

А.М. ЖУКОВ, *гл. н. с. ФГУ Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства, докт. биол. наук*

vniilm@mail.ru

Значительный опыт создания лесных культур из пород-интродуцентов, подкрепленный анализом фитосанитарного состояния посадок, был приобретен во второй половине прошлого столетия в странах Европы. В основном это были посадки различных видов лиственницы, псевдотсуги тиссолистной, сосны веймутовой, сибирской, черной, для менее плодородных почв использовались сосна Банкса, сосна горная.

Однако сразу же было установлено, что присущие определенным породам грибы – возбудители болезней продвигаются на новые территории с растениями-хозяевами. Все посадки указанных интродуцентов в различной степени были заражены болезнями, характерными только для них. Практически во всех лиственничных насаждениях был обнаружен рак лиственницы (*Lachnellula willkommii*), в насаждениях псевдотсуги тиссолистной – шотландское шютте (*Rhabdocline pseudotsugae*), в насаждениях сосны веймутовой – ржавчинный рак (*Cronartium ribicola*), а на соснах сибирской и черной – побеговый рак (*Scleroderris lagerbergii*) [1]. В связи с развитием грибов-возбудителей заболеваний в регионах Западной Европы (Англия, Германия, Швейцария) пришлось отказаться от выращивания ряда экзотов (псевдотсуга, ель ситхинская, большая пихта – *Abies grandis*) даже в том случае, когда климатические и почвенные факторы были благоприятны.

В то же время получены были сведения о появлении новых или распространении существующих, но ограниченно распространенных ранее грибов в ряде регионов. В связи с этим обитающие на хвое грибные паразиты стали рассматривать в качестве первичной причины отмирания хвойных лесов. Из анализа литературы следует, что такие виды, как *Lophodermium piceae*, *L. macrosporum*, *Rhizosphaera kalkhoffii*, *Scleroderris lagerbergii*, которые ранее не рассматривались в качестве

первичных паразитов хвойных пород, стали рассматриваться как серьезные патогены.

Обоснованными в значительной степени могут считаться следующие положения, влияющие на решение об использовании растений-экзотов:

– гриб-паразит, не представляющий большой опасности для растения-экзота в его родной среде обитания, при перемещении становится чрезвычайно серьезным в новых условиях;

– растение-экзот может быть заселено местными грибами-патогенами. Не обладая необходимым иммунитетом, интродуцированное растение для нового региона окажется бесполезным;

– гриб-паразит, перенесенный растением-экзотом, может оказаться опасным для местных растений.

Значительное количество пород-интродуцентов высаживали в разное время в европейской части России, как в лесные культуры, так и в целях озеленения. Были использованы в основном хвойные породы: сосна черная австрийская (*P. nigra*), сосна веймутова (*P. strobus*), сосна горная (*P. mugo*), сосна крымская или палласова (*P. pallasiana*), сосна сибирская, кедр сибирский (*P. sibirica*); ель колючая (*Picea pungens*), ель канадская, белая (*P. canadensis*); пихта сибирская (*Abies sibirica*), пихта бальзамическая (*A. balsamea*); лиственница сибирская (*Larix sibirica*), лиственница европейская (*L. decidua*); туя западная (*Thuja occidentalis*); псевдотсуга тиссолистная или Мензиса (*Pseudotsuga taxifolia*); можжевельник казацкий (*Juniperus sabina*), можжевельник виргинский (*Jun. virginiana*). В последнее время значительный объем посадочного материала декоративных растений-экзотов завозят агрофирмы, занимающиеся озеленением.

При лабораторном анализе образцов хвои и ветвей, пораженных грибными за-

болеваниями интродуцированных хвойных (*Coniferales*), проведенном в отделе защиты леса ВНИИЛМ, были обнаружены патогенные грибы, связанные в развитии с этими породами и переносимые при их ввозе в новые регионы. Ряд грибов являются новыми, либо малоизвестными возбудителями заболеваний для регионов европейской части России, куда были ввезены породы-интродуценты.

Сосна веймутова. Поражение ветвей (язвенный рак) и хвои (усыхание). Симптомы поражения: хвоя на побегах приобретает пятнистую окраску – желтую, зеленую, коричневую. На поверхности и в толще коры побегов формируются черные, погруженные, конусовидные стромы-плодоношения гриба *Phacidiopycnis pseudotsugae* (Wils.) Nahn. Развитие гриба вызывает некроз коры. При кольцевании некрозом побег и хвоя на нем выше места поражения усыхают. Гриб известен у нас на Кавказе (Краснодарский край) на пихте кавказской [2] и в Московской области на сосне веймутовой и псевдотсуге Мензиса. *Phacidiopycnis pseudotsugae* в США считается опасным паразитом, разрушающим кору ветвей и стволов северо-американских древесных пород – сосны веймутовой и псевдотсуги. В Европе гриб считается паразитом лиственницы, сосны европейской кедровой и пихты белой на юге и в центре Европы. В Финляндии, Швеции, Норвегии гриб поражает сосну скрученную [10].

На хвое сосны веймутовой в Подмоскowie найден гриб *Rhizosphaera kalkhoffii* Bubak. Гриб вызывает отмирание хвои. Плодоношения гриба – пикниды, мелкие, округлые, черные, располагаются небольшими группами вдоль хвои. В посадках сосны веймутовой в Краснодарском крае обнаружено поражение хвои еще одним грибом-патогеном – *Diplodia thujae* Westend. Пораженная хвоя приобретает коричневый цвет. Сквозь покровные ткани прорываются плодоношения гриба – округлые темные пикниды. Гриб ранее был известен в Европе, где поражает виды *Abies* и тую западную.

На хвое сосны веймутовой в Подмоскowie обнаружены сопутствующие этой породе грибы *Hypoderma brachysporum* (Rostr.) Tubeuf и *Lophodermium nitens* Dark [4].

Гриб *Hypoderma brachysporum* на пораженной хвое сосны веймутовой формирует темные, овальные, расположенные вдоль хвои апотеции до 1 мм длиной. Гриб *Lophodermium nitens* на хвое сосны веймутовой формирует плодовые тела (апотеции) овальные, иногда вытянутые – веретеновидные, черные, блестящие. Вокруг плодоношения черная овальная полоска, окаймляющая плодовое тело. Спороношения гриба развиваются вначале на концах хвои, хвоя желтеет, у основания оставаясь зеленой.

Грибы ранее были известны в Северной Америке (Массачусетс, Огайо, Северная Каролина, Западная Вирджиния) [9]. В европейской части России грибы являются новыми, достаточно опасными патогенами.

Следует указать, что сосна веймутова используется в лесных культурах, а также в групповых посадках в парках регионов европейской части России, начиная с южной подзоны тайги до лесостепи включительно. Поскольку рекомендуется создавать смешанные с сосной веймутовой древостои из сосны обыкновенной, лиственницы и ели, существует опасность перехода присущих сосне веймутовой грибов на эти породы.

Сосна крымская, палласова, сосна черная австрийская. Поражение хвои.

В ряде регионов России обнаружен опасный возбудитель заболевания хвойных пород – *Dothistroma septospora* (Dorog.) Morelet (*D. pini*) Hulb.). Заболевание, известное как пятнистый ожог хвои или красная пятнистость, вредоносно и широко распространено во многих регионах мира (Северная и Южная Америка, Африка, Азия, Европа). В Европе *D. septospora* был обнаружен в 1967 г. Хозяевами гриба являются более 50 видов р. *Pinus*, а также виды *Larix*, *Pseudotsuga*.

Пятнистый ожог хвои был обнаружен в 2003 г. в Адлерском лесничестве (Сочинской государственной природной национальный парк) на сосне пицундской [2]. Пораженная хвоя сосны приобретает пеструю окраску пятнами (коричневую, зеленую, желтую). На хвое образуются вздутия, раскрывающиеся линейными щелями. Под эпидермисом – вытянутые стромы, содержащие округлые камеры-локулы с бесцветными спорами – ко-

нидиями. В 2005 г. пятнистый ожог хвои сосны обыкновенной был обнаружен в сосняках Красноярского края (Национальный парк «Шушенский бор», Перовское л-во).

Помимо аборигенных видов сосен, можно было ожидать развитие *D. septospora* на соснах-интродуцентах *Pinus nigra*, *P. pallasiana*, *P. cembra*, *P. strobus*, широко применявшихся в целях озеленения и плантационного лесоразведения в различных регионах России. Это предположение подтвердилось. В Ростовской области болезнь поразила посадки сосны крымской разного возраста на больших площадях. Очаги пятнистого ожога хвои обнаружены нами в Усть-Донецком, Городищенском, Селивановском, Вешенском, Верхне-Донецком лесхозах [5].

Во всех случаях больная хвоя приобретает характерную пятнистую окраску – покрыта мелкими коричневыми пятнами. Сквозь покровные ткани хвои прорываются темные линейные спороношения гриба. Поражение сосны крымской заболеванием начинается с нижних ветвей, распространяясь далее по всей кроне. Характерно, что хвоя на концах ветвей, стадийно молодая, грибом не поражается. Наиболее обширные очаги образуются в загущенных посадках сосны крымской в условиях влажного микроклимата. Ожог хвои распространяется больными сеянцами и черенками и наблюдается не только в местах произрастания восприимчивых сосен, но и в смешанных посадках, например, с сосной обыкновенной и кедром. Подобные очаги отмечались в Городищенском лесхозе, причем сосна обыкновенная повреждается грибом в меньшей степени, нежели сосна крымская.

В июне 2006 г. обнаружено развитие *D. septospora* на хвое сосны черной в заповеднике «Ясная поляна». Видимо, этот гриб был занесен в заповедник вместе с посадочным материалом хвойных пород. Имеются сведения, что *D. septospora* найден в г.Москве и Подмоскowie на *Pinus sp.* [6, 7].

Установлено, что совместно с *D. septospora* хвою многих сосен поражают грибы *Diplodia pinea* (Desm.) Kickx. и *Cyclaneusma minus* (Butin) di Cosmo, Peredo et Minter. Эти грибы образуют комплекс, развивающийся на хвое, почках, побегах [5].

Достаточно опасным патогенным грибом для хвойных пород является *Diplodia pinea*, вызывающий болезнь увядания верхних побегов. Известный ареал достаточно широк. Этот гриб найден в Африке, Азии (Китай, Индия, Турция), Австралии, Новой Зеландии, Европе, Центральной и Северной Америке, Канаде, где поражает многие виды *Abies*, *Cupressus*, *Larix*, *Pinus*, *Picea*, а также *Thuja orientalis*, *Juniperus communis*, *Pseudotsuga menziesii*, *Cedrus deodora* [10]. В России представляет опасность для аборигенных пород – *Pinus sylvestris*, *P. hamata*, *P. pithyusa*, а также пород, широко используемых в целях интродукции: *Picea pungens*, *P. glauca*, *Pseudotsuga taxifolia*, *Abies balsamea*, *Larix decidua*, *Pinus nigra*, *P. strobus*, *P. ponderosa*, *P. mugo*, *P. pallasiana*.

В последнее время *D. pinea* обнаружен нами в достаточно удаленных друг от друга регионах России. Так, в сентябре 2001 г. *D. pinea* найден в окрестностях г. Краснодара на побегах сосны обыкновенной и черной. На Черноморском побережье (окр. Адлера, Сочи, Лазаревского) *D. pinea* найден в июне 2002 г. [3]. В этом регионе гриб поражает секвойю вечнозеленую, тис ягодный, кипарис, кедр ливанской, сосны обыкновенную и пицундскую. *D. pinea* у кедра ливанского вызывает усыхание ветвей, на ветвях формируются группы округлых черных пикнид, прорывающихся сквозь кору. У кипариса, тиса и секвойи *D. pinea* вызывает поражение хвои, концов побегов и целых ветвей. На хвое сверху (иногда и снизу) формируются толстостенные темные пикниды, прорывающие покровные ткани. В европейской части России *D. pinea* найден нами в 2003 г. на сосне обыкновенной в лесных питомниках Тверской, Ульяновской и Московской областей. В Тверской области в посадках сосны черной (п. Завидово) гриб вызывает гибель и опадение хвои, а также усыхание ветвей. В Московской области повреждает сосну черную в озеленительных посадках. Сосна палласова (крымская) также поражается *D. pinea*. Этот гриб найден нами на сосне крымской в Северной Осетии (окр. пос. Эльхотово). Грибом заселяются верхние побеги сосен. Плодоношения гриба развиваются группами у основания пучков хвои.

Достаточно опасными патогенами на соснах считаются виды рода *Cyclaneusma*: *C. minus* (Butin) di Cosmo, Peredo et Minter (= *Naemocyclus minor* Butin), *C. niveum* (Pers.) di Cosmo, Peredo et Minter (= *N. niveus* (Pers.) Fuck. ex Sacc.). Грибы вызывают пожелтение хвои и последующие отмирание.

Наиболее опасен *C. minus*, поражающий живую хвою сосен. *C. niveum* считается слабым патогеном. *C. minus* был известен ранее в Европе (Австрия) и Северной Америке (Вирджиния), где развивался на *Pinus mugo*, *P. contorta*, *P. ponderosa*, *P. sylvestris*. Сведения об *C. niveum* более обширны. Этот гриб фиксировался в Европе (Сербия, Болгария), в Северной Америке (Орегон, Вашингтон, Онтарио, Небраска, Калифорния), а также в Мексике и Канаде, где повреждал сосны *Pinus contorta*, *P. jeffreyi*, *P. nigra*, *P. ponderosa*, *P. radiata*, *P. sylvestris* [9].

C. minus образует на хвое округлые, беловато-желтые плодоношения – апотеции, разрывающие эпидермис хвои. Развитие гриба вызывает усыхание и опадение хвои.

Отмечены случаи совместного развития *Cyclaneusma minus* и *Dothiostroma septospora* на соснах. Наиболее характерным примером совместного развития грибов-патогенов на хвое сосен можно считать очаги поражения этими грибами посадок сосны крымской в Ростовской области. Сосна крымская поражалась таким комплексом в посадках на территориях Усть-Донецкого, Городищенского, Вешенского и Селивановского лесхозов. Совместное развитие грибов-патогенов значительно повреждало молодые посадки.

Достаточно тревожным обстоятельством является нахождение на хвое и ветвях сосны черной в окрестностях Краснодара гриба *Botryosphaeria ribis* (Tode:Fr.) Gross. et Dugg. Гриб является опасным возбудителем заболевания хвои и ветвей сосен и ели европейской в Европе, кипариса и можжевельников в Северной Америке. Может поражать также листовые породы. Анаморфами гриба считаются *Dothiorella gregaria* Sacc. (*Dothiorella*-form) и *Fusicoccum aesculi* Corda (*Fusicoccum*-form) [8].

У сосны черной, на хвое (у основания пучка хвои) и на ветвях плодоношения анаморфы *Dothiorella gregaria* развиваются

совместно с сумчатой стадией (телеоморфой) *Botryosphaeria ribis*. Плодоношения располагаются группами на темной строме (на хвое линейными группами), причем прорываются через покровные ткани. Пикниды гриба темные, округлые, со светлым содержимым. В пикнидах развиваются веретеновидные конидии, слегка окрашенные, с зернистым содержимым, 20–25×5–6 мкм размером. Конидии образуются на тонких конидиеносцах, располагающихся плотным слоем внутри пикнид и по длине равным конидиям. В дальнейшем на этих же стромах формируются перитеции телеоморфы *Botryosphaeria ribis*. В перитециях образуются булавовидные сумки до 150 мкм длиной. В сумках содержатся овальные, веретеновидные, порой неравнобокие (ромбовидные) споры. Они одноклеточные, слабо окрашенные с каплями масла и зернистым содержимым, 25–28×10–12 мкм. Гриб *Botryosphaeria ribis* был обнаружен нами в 2002 г. также на хвое пихты сахалинской на Дальнем Востоке России. В дендрарии г. Сочи *Botryosphaeria ribis* обнаружен на хвое тиса ягодного. Пораженные грибом ветви и хвоя усыхают, хвоя приобретает коричневую окраску и осыпается. В этом же дендрарии на стеблях ногоплодника (*Podocarpus* sp.) обнаружена анаморфа – *Fusicoccum aesculi*. На стеблях больных растений образуются плотные, черные, округлые стромы со многими камерами. Конидии большие, веретеновидные, одноклеточные, с зернистым содержимым, 25–35×5–8 мкм размером.

Следует заключить, поскольку сосны черная и крымская используются в виде чистых, либо смешанных с сосной обыкновенной культур в европейской России, проникшие вместе с этими породами грибы представляют опасность для хвойных древостоев. Используемый в качестве декоративного кустарника ногоплодник также может служить источником инфекции при использовании больных экземпляров для озеленения.

Ель канадская, ель колючая. Болезнь увядания хвои и ветвей.

Больная хвоя желтеет, затем становится светло-коричневой. На побеге образуются вытянутые вдоль оси побега засмоленные пятна отмирающей коры. На хвое и побеге в месте поражения образуются многочислен-

ные округлые черные плодоношения гриба *Diplodia pinea*. Гриб является опасным патогеном, вызывающим отмирание елей в искусственных посадках.

В ряде случаев отмечено поражение молодых побегов и почек ели канадской и ели колючей еще одним грибом. Плодоношения (пикниды) гриба *Discella strobilina* (Desm.) Died.(=*Sirococcus strobilinus* (Desm.)Petr.) формируются на коре ветвей и почках. Пикниды располагаются группами, черные, округлые, с отверстием на вершине. Гриб найден в озеленительных посадках ели канадской в Москве и Московской области. Ранее в этом регионе не отмечался. *Discella strobilina* известен в Европе (Австрия, Англия, Германия, Финляндия, Швеция), найден на ели обыкновенной и лиственнице европейской, соснах обыкновенной и скрученной [10]. При переносе грибной инфекции с посадочным материалом ели колючей существует опасность поражения грибом этих пород на территории европейской части России.

Характерным грибом, сопутствующим ели колючей до самых границ ее распространения, следует считать *Megaloseptoria mirabilis* Naum. Гриб обнаружен в посадках ели колючей в Московской области (окр. г.г. Серпухов, Сергиев Посад), где поражает почки на концах ветвей. Почки покрываются плотным слоем темных поверхностных пикнид, концы побегов усыхают. Гриб может переходить на ель обыкновенную, что было отмечено в Данковском питомнике (НПО «Русский лес») г. Серпухова на пораженных сеянцах и саженцах ели.

Поражение хвои и ветвей ели колючей вызывает также патогенный гриб *Acanthostigma parasitica* (Hart.) Sacc. При поражении наблюдается дехромация хвои – хвоя обесцвечивается. На пораженных ветвях луб отмирает пятнами. Ниже места некроза луб продолжает оставаться зеленым. На границах некрозного пятна и живого луба образуются плодоношения гриба в виде округлых черных перитециев, погруженных в толщу луба. Сумки гриба цилиндрические с длинной ножкой, до 100 мкм длиной. Споры веретеновидные, слегка окрашенные, с 3–4 перегородками, с каплями масла, 17-21x5-6 мкм. Гриб ранее был известен в Европе, где поражает пихту,

тсугу канадскую, ель в Румынии, Дании, Германии. В Канаде гриб поражает ветви *Abies balsamea*. В европейской части России гриб относится к малоизвестным. Нами найден в Московской и Тверской областях.

Болезнь хвои и побегов туи, можжевельников, псевдотсуги.

Пораженные побеги и хвоя туи (*Thuja occidentalis*) покрываются многочисленными коричневыми пятнами, концы побегов усыхают. На концах побегов образуются споронии гриба *Pestalotia funerea* Desm.(=*Pestalotiopsis funerea* (Desm.) Steyaert). Гриб является факультативным паразитом и селится на ослабленных растениях. *Pestalotia funerea* образует темные скопления мицелия – ложа под покровными тканями хвои. Наружу, через разрывы эпидермиса, выделяются черные ленточки спор – конидии. Конидии овальные, с перегородками и коричневыми серединными клетками. Характерным признаком гриба является наличие на конце споры четырех тонких длинных щетинок. Грибы обнаружены нами вначале на Черноморском побережье Кавказа, затем в Московской области [2].

Pestalotia funerea достаточно вредоносен, поскольку может поражать хвою, ветви, молодые стволы многих видов сосен, кипарисов, можжевельников. Гриб ранее был обнаружен в Западной Европе, Северной Америке, Мексике, Канаде, Австралии, Новой Зеландии. *Pestalotia funerea* распространяется по территории европейской части России не только с посадочным материалом хвойных пород. В 2009 г. гриб был обнаружен в Подмосковье на декоративном кустарнике бирючины (*Ligustrum sp.*), завезенном агрофирмой в целях озеленения.

Поражение хвои и стеблей туи западной вызывают грибы *Coryneum thujinum* Dearn., *Steganosporium piriforme* (Hoffm.) Corda, *Acanthostigma parasitica* (Hart.) Sacc. Грибы обнаружены нами в Московской области на тую западной в озеленительных посадках.

Можжевельники виргинский, казацкий (*Juniperus virginiana*, *Jun.sabina*), а также обыкновенный можжевельник и можжевельники Черноморского побережья Краснодарского края поражаются болезнями побурения

хвои и некрозами побегов. В основном болезни можжевельников вызываются анаморфными грибами. Следует предположить, что ряд грибов, возбудителей болезней можжевельников, сопутствуют можжевельникам по всему ареалу их произрастания. На это указывают наши находки *Lophodermium juniperinum* (Fr.) de Not на можжевельниках Кавказа, в Тверской, Костромской, Московской областях; *Diplodia juniperi* West в окрестностях Сочи, Геленджика, в Костромской области; *Asperisporium juniperinum* (Georgesqu: Bodea) Sutton et Hodges в можжевеловых лесах Кавказа, а также в Тверской и Московской областях; *Cytospora dubyi* Sacc. на можжевельниках Кавказа и Московской области; *Hendersonia notha* Sacc. et Br. в районе Анапы, в Костромской и Московской областях. Не исключено распространение отдельных видов грибов с посадочным материалом декоративных можжевельников, ввозимых в новые регионы для озеленения. Примером может служить появление гриба *Pestalotia funerea* на *Juniperus* sp. в Москве и Московской области, ранее в этом регионе неизвестном.

Побурение хвои и некроз ветвей псевдотсуги вызывают грибы *Phomopsis juniperivora* Nahn. и *Rhizosphaera kalkhoffii* Bubak. Грибы были обнаружены нами в Московской области (окр. г. Серпухов) в культурах псевдотсуги. При поражении грибом *Phomopsis juniperivora* хвоя псевдотсуги теряет интенсивную окраску – от светло-зеленой до серой и усыхает на ветвях. На хвое образуются плодоношения гриба – стромы пикнидиального типа, черные, плоские, погруженные в ткани хвои с обеих сторон. Плодоношения затем прорываются устьищем наружу и выделяют обильные, в виде светлых ленточек, споры-конидии двух видов – овально-веретеновидные и нитевидные, слабо изогнутые. *Phomopsis juniperivora* отмечался ранее на можжевельнике виргинском и туе западной, а *Rhizosphaera kalkhoffii* может поражать многие хвойные породы, поэтому грибы представляют опасность для растений-интродуцентов и местных аборигенных пород.

Следует заключить, что в случае использования растений-экзотов для создания лесных культур, а также в целях озеленения, необходим тщательный лесопатологический

досмотр ввозимого посадочного материала и его выбраковка в случае заражения грибными болезнями. Распространение грибов на территории России может вызвать гибель посадок растений-экзотов и заражение болезнями местных хвойных и лиственных деревьев и кустарников. Появление опасных малоизученных грибных болезней может привести к дополнительным затратам на разработку мер борьбы с этими заболеваниями.

Библиографический список

1. Василяускас, А.П. Грибные болезни интродуцированных хвойных пород в лесных культурах и зеленых насаждениях Литвы // 2 всес. научно-техн. конф. «Охрана лесных экосистем и рациональное использование лесных ресурсов». – М., 1991. – С. 144–145.
2. Жуков, А.М. Новые для Северо-Западного Кавказа фитопатогенные грибы на древесных породах горнолесного пояса / А.М. Жуков, Е.А. Жуков // «Экологически безопасная защита растений от вредителей и болезней». – Пушкино, 2004. – № 4. – С. 43–53.
3. Жуков, А.М. Патогенные микромицеты и фитофаги на хвойных породах Северного Кавказа / А.М. Жуков, Ю.И. Гниненко // Матер. 5-й междунар. конф. «Проблемы лесной фитопатологии и микологии». – М., 2002. – С. 88–92.
4. Жуков, А.М. Новый для России вид сумчатых грибов из рода *Lophodermium* / А.М. Жуков, Ю.И. Гниненко // «Современные проблемы защиты лесов Причерноморского региона и сопредельных территорий» Инф. бюл. ВПРС МОББ. – 2007. – № 7. – С. 50–53.
5. Жуков, А.М., Гниненко Ю.И. Малоизвестные грибы – возбудители заболеваний хвойных пород в России. Инф. бюл. ВПРС МОББ / А.М. Жуков, Ю.И. Гниненко. – Познань-Пушкино, 2007. – № 37. – С. 134–141.
6. Соколова, Э.С. Инфекционные болезни деревьев и кустарников в насаждениях Москвы / Э.С. Соколова, Е.Г. Мозолева, Т.В. Галасьева. – М.: МГУЛ, 2009. – 130 с.
7. Соколова, Э.С. Грибные болезни древесных интродуцентов в насаждениях Москвы и Подмосковья / Э.С. Соколова, Г.Б. Калганихтна // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2009. – № 5(68). – С. 145–153.
8. Gareth M. I., White J. F. Notes on Coelomycetes. Concerning the Fusicoccum anamorph of Botryosphaeria ribis. // Mycotaxon. 1987, vol. XXX. – P. 117-125.
9. Hepting George. Diseases of Forest and shade trees of the United States // U. S. Department of Agriculture Forest service, 1971, № 386. -658 p.
10. Roll-Hansen F. Fungi dangerous to Pinus contorta with special reference to pathogens from North Europe // Europ. Journ. of Forest Pathology. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey, 1978, vol. 8, № 1.-P.p. 1-14.

ЭКОЛОГО-ЛЕСОВОДСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНОГО ПАРКА «ШАРКАН» УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Т.В. КЛИМАЧЕВА, доц. каф. лесоводства и экологии Ижевской ГСХА, канд. с-х. наук

www.izhgsha.ru

В современную теорию и практику рационального природопользования, сохранения биоразнообразия и генофонда живой природы широко вошло словосочетание «особо охраняемая природная территория» (ООПТ). Это «участки земли, водной поверхности и воздушного пространства над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, которые имеют основное природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение, которые изъяты решениями органов государственной власти полностью или частично из хозяйственного использования и для которых установлен режим особой охраны». Так трактуется это словосочетание в Федеральном законе № 33 – ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях», принятом Государственной думой РФ 14.03.1995 г.

В Удмуртии создание единой республиканской сети ООПТ имеет длительную историю. Организационный этап, начавшийся в 60-е годы, оставался неизменным вплоть до начала 90-х годов. Работа по созданию единой сети ООПТ Удмуртии заметно активизировалась после образования комитета по охране окружающей среды, что позволило завершить работы по инвентаризации природных достопримечательностей и разработать схему единой сети ООПТ Удмуртии. Эта схема была включена в единую сеть ООПТ Камского бассейна. Создание особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в Удмуртской республике, таких как Национальный парк «Нечкинский», два природных парка, одиннадцать государственных природных заказников, около трехсот памятников природы и ряд других территорий, имеет экологическую и рекреационную ценность.

Наиболее крупными из них являются национальный парк «Нечкинский» – (20752 га), природные парки «Шаркан» – (16567,6 га) и «Усть-Бельск» – (17770 га). В отдельную группу выделены зеленые зоны вокруг городов и

крупных населенных пунктов, водоохранные зоны и почвозащитные леса.

Природный парк «Шаркан», созданный 5 ноября 2001 г. на основании Постановления Правительства УР № 1127 от 5.11.2001 года, расположен на северо-востоке Удмуртии на территории Шарканского административного района в междуречье рек Ита и Шаркан. По ресурсоохранному, эстетическому, рекреационному, научно-познавательному потенциалу соответствует географическим, биологическим и экологическим критериям ООПТ высокого ранга. В парке своеобразны все компоненты ландшафта. На сравнительно ограниченной площади здесь представлены фрагменты всех региональных поверхностей выравнивания, развитых на востоке Русской равнины: куэстовый рельеф, сформировавшийся на уступах разновысотных поверхностей выравнивания, останцово-холмистый, или «пуговый» рельеф, оставшийся вплоть до последнего десятилетия, на протяжении более века, предмет пристального внимания и острых дискуссий среди исследователей Вятско-Камского региона и др.

Заповедное ядро парка – площадь около 5 тыс. га – предлагается использовать для установления длительного мониторинга в бассейнах малых рек, находящихся здесь под разной антропогенной нагрузкой. Парк расположен в зоне доступности населения основных промышленных центров региона – Ижевска (90 км), Воткинска (30 км), Чайковского (60 км). На большей части парка представлены естественные недеградированные, ненарушенные или мало нарушенные экотопы. Флора представлена 507 видами высших сосудистых растений, что составляет около половины всего видового состава флоры УР. Из них 7 видов растений занесено в Красную книгу (лилия кудреватая, пион уклоняющийся, дремлик темно-красный, пыльцеголовник красный и др.). Повсеместно преобладают лесные и луговые формы.

Возрастная структура лесов природного парка «Шаркан»

Преобладающая порода	Классы возраста									Итого
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
хвойные										
Сосна	54	257	537	108	–	–	–	–	–	956
Ель	153	220	1750	2892	447	117	–	–	–	5579
Пихта	7	34	157	571	304	35	–	–	–	1108
Лиственница	11	20	–	–	–	–	–	–	–	31
Итого хвойные	225	531	2444	3571	751	152	–	–	–	7674
лиственные										
Береза	3	8	11	17	110	63	80	17	–	309
Осина	1	9	17	25	58	36	121	–	–	267
Ольха С	–	2	14	15	17	10	–	–	–	58
Липа	2	2	10	3	8	7	–	–	–	32
Тополь	–	–	–	–	–	1	–	–	–	1
Итого мягколиственные	6	21	52	60	193	117	201	17	–	667
Всего по парку	231	552	2496	3631	944	269	201	17	–	8341

По склонам южной экспозиции встречаются отдельные лесостепные виды. Фауна насекомых природного парка в целом типична для лесной зоны. На территории природного парка зарегистрированы популяции 2 видов насекомых (бабочка мнемозина и шмель Шренка), включенных в Красную книгу УР. Позвоночные природного парка представлены характерными для подобных типов местообитаний видами животных. Всего здесь встречается 197 видов животных: рыб – 16 видов, земноводных – 8 видов, рептилий – 4 вида, птиц – 125 видов, млекопитающих – 44 вида. Из их числа 23 вида внесены в Красную книгу УР [6]. Такое сочетание уникальных проявлений рельефа, климата, разнообразие растительного и животного мира создает неповторимый облик природного парка. Возрастная структура лесов природного парка «Шаркан» приведена в таблице.

В природном парке преобладают насаждения высокой продуктивности 1–2 бонитета, которые занимают 91 % покрытой лесом площади

В лесном фонде преобладают среднеполнотные насаждения с полнотой 0,5–0,7 и составляют 86 %, низкополнотные насаждения – 0,3–0,4 составляют 10 % и высокополнотные – 4 % (рис. 2).

Анализируя распределение покрытых лесом площадей по классам возраста, можно

отметить, что по площади доминируют насаждения III–IV классов возраста (рис. 3).

В лесном фонде природного парка сформированы благоприятные условия для стабильного роста насаждения, доминируют высокопродуктивные насаждения групп типов леса: кисличный – 6072 га, широколиственный – 1784 га, незначительную часть занимают насаждения на увлажненных почвах – приручейниковый – 221 га, а также черничник и брусничник.

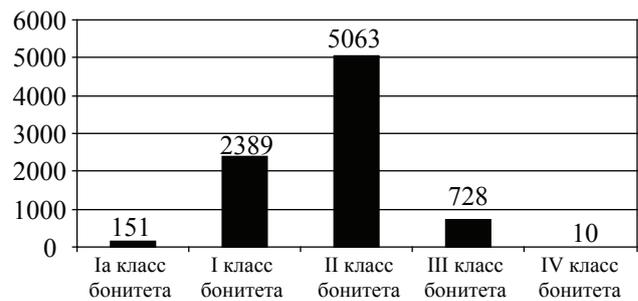


Рис. 1. Распределение насаждений по классам бонитета

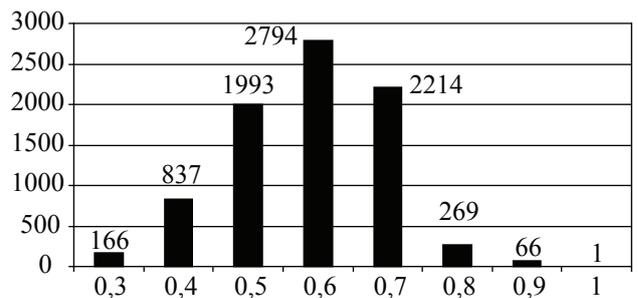


Рис. 2. Распределение насаждений по полнотам

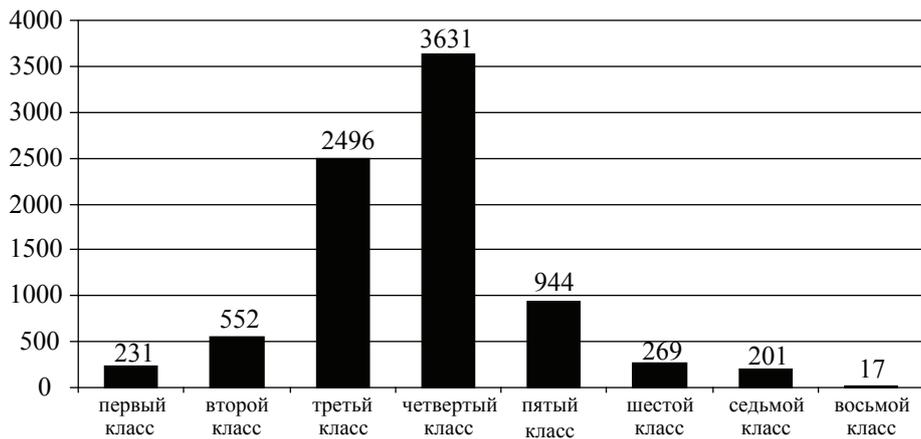


Рис. 3. Распределение насаждений по классам возраста

На территории природного парка представлены различные виды лесных фитоценозов. *Светлохвойные леса*: естественных по генезису сукцессионных лесов на территории парка не отмечено, существуют лишь вторичные по происхождению небольшие участки, приуроченные к зонам рекреации и хозяйственной. Возраст сосны составляет 30, реже 40 лет. В подлеске активно развивается можжевельник. *Темнохвойные леса*: на территории парка преобладают еловые леса, реже пихтовые. В своем генезисе несут следы влияния широколиственных лесов, поскольку не только второй ярус и подлесок, а даже первый ярус их зачастую слагают такие породы, как липа, клен, вяз. Отсюда и травяной покров представлен широколиственным: медуница неясная, звездчатка ланцетолистная, подмаренник душистый, копытень европейский, чистец лесной, яснотка белая, цицербита уральская, купальница европейская, колокольчик широколиственный, бор развесистый и др. Определенный отпечаток на их развитие накладывает подзональный рубеж южно-таежных и подтаежных смешанных *хвойно-широколиственных лесов*, образующих 2–3 яруса. В оврагах встречаются небольшие участки пихтарников, на заболоченных участках ельники с участием ольхи серой, березы пушистой.

Экологическая приуроченность *широколиственных лесов* мало отличается от *хвойно-широколиственных*, т.е. располагается чаще всего на возвышенных платообразных пространствах, встречаясь и в депрессиях такого рельефа. Широколиственные леса представлены липняками и сероольшанниками.

Возраст отдельных сохранившихся лип насчитывает не менее 200 лет, диаметр таких лип составляет более одного метра. Большая часть имеющихся липняков находится в стадии естественного восстановления, на месте вырубок хвойных лесов.

Хвойно-мелколиственные леса являются вторичными, на территории парка эти леса образовались на основе сложных ельников. Нарушенный покров таких лесов заселяют вейники, иван-чай узколистый, т.е. виды ранних стадий сукцессии. Таким образом, лес является, независимо от того, как он развит, основным строителем среды на экотопах. Главной формой организации природоохранной деятельности в национальном и природных парках Удмуртии является система функционального зонирования территории. Этот метод позволяет паркам исполнять роль полифункциональных ООПТ: одновременно выполнять задачи охраны природных комплексов, развивать экологический туризм и осуществлять, в определенных масштабах, хозяйственную деятельность. Он в значительной мере обеспечивает поддержание оптимального баланса в системе «экология – экономика – общество». Однако, с другой стороны, как показывают исследования по изучению состояния и динамики природных систем, влияния современной и прошлой хозяйственной деятельности, фактическое функциональное зонирование оказывается недостаточно эффективным механизмом охраны природы [3].

На территории природного парка «Шаркан» выделены 5 функциональных зон,

согласованных с администрацией района: заповедная, заказная, организованного туризма и рекреации, традиционного хозяйствования и буферная. Доля отдельных зон в общей площади природного парка «Шаркан» (рис. 4).

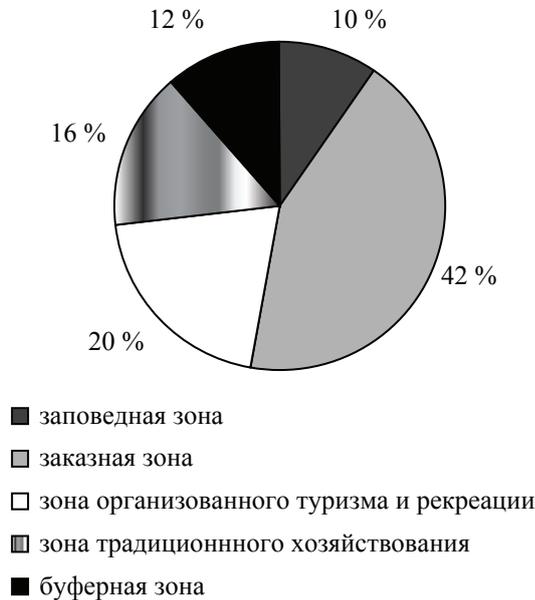


Рис. 4. Функциональные зоны природного парка «Шаркан»

Под заповедную, запретную для посещения, зону отводится площадь, подлежащая наиболее строгой охране. На этой площади произрастает наибольшее количество «краснокнижных» видов растений, некоторые из них по численности популяции являются уникальными во флоре республик.

Заказной режим предполагается установить для большей части условно преобразованных лесных ландшафтов по левобережью р. Ита, к северу от зоны организованного туризма и рекреации. Это площади воспроизводства охотничье-промысловой дичи, нуждающейся также в особом режиме охраны. Посещение этой зоны рекреантами возможно только на заранее разработанной сети туристических маршрутов и экологических троп.

Рекреационная зона, предназначенная для организации, в основном, зимних видов спорта и летнего отдыха, занимает участки наиболее яркого морфологического выражения. На большом протяжении гряда граничит с зоной традиционного хозяйствования и лишь на западе, к востоку от пос. Кыква, на расстоянии около 5 км – с буферной зоной и

далее к востоку, на протяжении около 8 км – с заказной зоной.

Зона традиционного хозяйствования примыкает к зоне организованного туризма и рекреации с юга, и небольшой участок зоны традиционного хозяйствования находится в северо-восточной части природного парка. Интересные природные достопримечательности этой зоны могут быть также включены в общую сеть экологических троп и маршрутов познавательного туризма. В юго-западной части намечена узкая полоса буферной зоны, призванной смягчить пресс на территорию природного парка со стороны крупных населенных пунктов.

Функциональные зоны рекреационного и хозяйственного использования и с режимом заказников устраиваются, где это необходимо, на почвенно-типологической основе или с проведением ландшафтного анализа. Рекреационный потенциал лесного ландшафта – это мера возможности выполнения последним рекреационных функций, обусловленная его природными свойствами и результатами деятельности человека [4]. Комплексная оценка рекреационного потенциала основывается на трех основных показателях: привлекательность, комфортность и устойчивость.

Устойчивость насаждений изучалась как по материалам лесоустройства, так и в ходе рекогносцировочных обследований. В качестве базовой была принята методика, изложенная в работах Л.П. Рысина и С.Л. Рысина. Проводился комплексный анализ текущего состояния сосновых древостоев, имеющих наибольшую рекреационную привлекательность. Оценивалась успешность естественного возобновления коренных лесообразующих пород, характер подлеска, видовой состав травяно-кустарничкового яруса, гранулометрического состава почв, мощность подстилки и дернины, а также влажность почв и уклон поверхности. [4]. Установлено, что насаждения, расположенные в рекреационной зоне, характеризуются высокой привлекательностью (среднее значение коэффициента привлекательности $KП_{cp} = 0,70$) и очень высокой комфортностью ($КК_{cp} = 0,85$). Устойчивость же этих насаждений находится на среднем

уровне ($KU_{cp} = 0,57$). Была проведена оценка рекреационного потенциала искусственных насаждений природного парка. Полученные результаты свидетельствуют о том, что большая часть этих территорий в ее современном виде не может соответствовать рекреации, так как относится к III и IV классам рекреационной ценности (70 % и 30 % насаждений, 95 и 6 % соответственно). Это объясняется тем, что изначально обследованные насаждения не предназначались для рекреационного использования, а потому характеризуются довольно низкой устойчивостью ($KU_{cp} = 0,45$).

К числу основных причин низкой оценки рекреационного потенциала искусственных насаждений следует отнести однородную структуру древостоев, отсутствие разнообразия в смешении пород, а также полное отсутствие благоустройства. Дорожная сеть проложена хаотично, что привело к оголению и повреждению корневых систем деревьев и вытаптыванию напочвенного покрова.

Используя полученную методику, можно провести комплексную оценку рекреационного потенциала лесных насаждений и запроектировать систему адекватных хозяйственных мероприятий, в соответствии с задачами, возложенными на природный парк.

Природный парк имеет большие перспективы для охотничьего туризма, любительской рыбной ловли, сбора грибов, ягод

населением. Большой гидрологический потенциал позволяет организовать зоны отдыха на живописных берегах прудов, рек и родников. Вода родников вполне может быть использована в лечебно-профилактических и оздоровительных целях. Уникальный рельеф, его рекреационные ресурсы создают предпосылки для организации спортивно-оздоровительных занятий парашютным спортом и зимними видами спорта.

Библиографический список

1. Загреев, В.В. Общесоюзные нормативы для таксации лесов / В.И. Сухих, А.З. Шведченко, Н.Н. Гусев. – М.: Колосс, 1992. – 495 с.
2. Комплексная методика изучения влияния рекреации на экосистемы городских и пригородных лесов // Научные труды национального парка «Лосиный остров». – М.: КРУК – Престиж, 2003. – Вып. 1. – С. 12–28.
3. Климачева, Т.В. Рекреационный потенциал лесов Прикамья / Т.В. Климачева, К.Ю. Прокошева // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – М.: МГУЛ, 2009. – № 2. – С. 52–58.
4. Мониторинг состояния лесных и городских экосистем: монография / под ред. В.С. Шалаева, Е.Г. Мозолева. – М.: МГУЛ, 2004. – 235 с.
5. ОСТ 56-100-95 «Методы и единицы рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы».
6. Особо охраняемые природные территории Удмуртской республики/ сборник, ГУПР МПР России по Удмуртской республике. – Ижевск, 2002. – 211 с.
7. Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях» от 15.02.95.

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ХВОЙНЫХ В БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЕ. ЕЛЬ В УРОЧИЩЕ ПЫМ-ВА-ШОР*

М.В. СУРСО, *с. н. с. Института экологических проблем Севера УрО РАН, канд. биол. наук,*
О.С. БАРЗУТ, *ст. преподаватель Поморского государственного университета, канд. с.-х. наук*

surso@iepn.ru; fc.geo@pomorsu.ru

Изучение особенностей роста и развития хвойных на крайнем северном пределе распространения интересно в плане познания адаптационных возможностей этих видов при произрастании в экстремальных климатических условиях. Хвойные насаждения Пым-Ва-Шора были обследованы в ноябре 2009 г. в рамках Полярной комплексной экспедиции, организованной и проведенной

Институтом экологических проблем Севера УрО РАН при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты №№ 09-04-02100-э_к, 07-04-00313-а, 09-05-00547-а, 09-04-00371-а, 08-04-00090-а, 08-05-98807-р_север_а).

Урочище Пым-Ва-Шор находится в юго-восточной части Большеземельской тундры, в подзоне ерниковых тундр [5].



Рис. 1. Скальный массив в урочище Пым-Ва-Шор (на вершине скалы справа – триангуляционная пирамида, в скале слева внизу – отверстие пещеры)

Своим названием (Теплый ручей) оно обязано термальным источникам, пробивающимся сквозь трещины в скалах, окружающих р. Пым-Ва-Ю (бассейн р. Уса), прорезающую в этом месте каменную гряду хребта Чернышева (рис. 1). В урочище естественно произрастают два хвойных вида: ель и можжевельник. Насаждения ели тянутся узкой лентой на всем протяжении термальной долины и примыкающих к ней участков по береговым откосам р. Пым-Ва-Ю, формируя редкостойные или низкополнотные, относительно низкопродуктивные древостой.

Все произрастающие в урочище ельники являются абсолютно разновозрастными. Интенсивная вырубка деревьев на дрова привела к тому, что здесь почти отсутствуют старые деревья и сухостой. Средний возраст еловых древостоев составляет 50–60 лет (максимальный возраст деревьев редко превышает 110–120 лет). Средняя высота ели составляет 7–8 м, средний диаметр на высоте груди – 8–10 см (эти показатели редко превышают 14–15 м и 21–23 см соответственно).

Анализ хода роста по высоте свидетельствует об относительно хорошем для данных климатических условий росте хвойных урочи-

ща. Так, зависимость высоты деревьев ели от возраста аппроксимируется уравнением прямой ($y = 1,836 + 0,120x$, $r = 0,822$), и с возрастом темпы прироста в высоту не замедляются.

Исследуемый древостой представлен редкостойным ельником, занимающим левый склон долины р. Пым-Ва-Ю. Керны для дендрохронологического анализа были отображены при помощи приростного бурава вблизи шейки корня у господствующих в древостое учетных деревьев, выявленных при закладке таксационной пробной площади. Измерение ширины годичного слоя проводилось при помощи масштабной линейки микроскопа МБС-1 (увеличение окуляра Ч8, объектива Ч2). Точность измерений $\pm 0,05$ мм. Перед измерением цилиндрическая поверхность керна зачищалась бритвой, смачивалась водой и оттенялась мелом для усиления контраста окраски ранней и поздней древесины. Увеличение влажности поверхности образца в процессе размачивания на 1–2 процента не влияет на точность измерений [4].

Синхронизация кривых годичных приростов в границах изучаемого участка осуществлялась путем визуального сопоставления графиков динамики годичных приростов от-

дельных растений. Степень сходства в колебаниях годового прироста деревьев устанавливалась как визуально, так и с использованием метода количественной оценки – расчета коэффициента сходства [4]. Относительные индексы прироста рассчитывались методом пятилетнего скользящего сглаживания. Для выявления цикличности радиального прироста использовались календарные даты наступления экстремальных приростов и значений нормы годового прироста, рассчитанных по пятилетним скользящим кривым с шагом 1 год.

Средние значения ширины годовых колец у отдельных деревьев ели варьируют от 0,82 до 1,36 мм, среднее значение прироста всех исследованных деревьев равно 1,05 мм. Полученные значения радиальных приростов ели в урочище Пым-Ва-Шор оказались несколько выше значений (0,63 мм), приведенных В.С. Мазепой [7] для ели, произрастающей в Большеземельской тундре и на Полярном Урале.

Амплитуда колебаний относительных индексов радиального прироста ели в урочище в среднем имеет размах 70–85 %, но в единичных случаях достигает 120–150 %.

Коэффициенты изменчивости абсолютных величин радиального прироста деревьев ели колеблются в широком диапазоне: от среднего уровня (25,9 %) до очень высокого (51,5–75,3 %), и для большинства исследуемых образцов соответствуют высокому и очень высокому [8] уровням изменчивости.

При сопоставлении графиков ширины годовых колец ели выявлено три характерных типа возрастных кривых годового прироста. Для одних деревьев динамика годового прироста характеризуется четко выраженной кривой «большого роста», когда в молодом возрасте растения отличаются более высокими значениями радиального прироста. У других деревьев наблюдается относительно ровный радиальный рост на протяжении всего их жизненного цикла. У третьей группы с увеличением возраста деревьев возрастают и радиальные годовые приросты. Для всей северотаежной подзоны лесов Европейского Севера и Полярного Урала характерной чертой является отсутствие четко выраженной кривой «большого роста» в многолетней динамике годового прироста хвойных [3, 11, 12], что, в целом, при-

менимо и к ельникам Пым-Ва-Шора. При сопоставлении дендрохронологических рядов выявлено, что сходство колебаний годового прироста отдельных деревьев ели в одинаковых условиях произрастания находится в пределах 15,7–72,1 %. По данным ряда авторов [3, 11, 12], для ели северной тайги этот показатель выше и составляет 70–80 %. При попарном сравнении серий годовых колец у 48,9 % всех сравниваемых пар коэффициент синхронности оказался ниже 50 %, что свидетельствует о низкой синхронности роста между разными деревьями.

Ритмичность в колебаниях ширины годовых колец деревьев хорошо прослеживается при построении кривых норм прироста, а именно – обобщенной кривой. У ели урочища Пым-Ва-Шор отмечены циклы различной продолжительности, которые в среднем укладываются в интервал с периодом 11,1 лет между минимальными значениями прироста и 11,4 года между его максимальными значениями (рис.2). Наиболее отчетливо по представительности и амплитуде выделяются внутривековые циклы с периодом 8–10 и 17–19 лет. Реже в дендрохронологических рядах ели встречаются шести-семилетние циклы, а для более долгосрочных рядов годового прироста выявляется также Брикнеровский цикл со средним периодом 31,3–32,8 лет. Выраженную цикличность в динамике ширины годовых колец, подтверждающую высокую чувствительность ели к изменению внешних факторов, показали 90 % исследуемых деревьев. Продолжительность рассматриваемых дендрохронологических рядов не превышает 100 лет, поэтому установление вековой и сверхвековой цикличности не проводилось.

По результатам морфолого-морфометрического изучения генеративных и вегетативных органов произрастающая в урочище ель отнесена к своему сибирскому морфотипу – *Picea obovata* Ledeb. Световая хвоя ели прямая, ланцетовидная, но чаще слегка или сильно дуговидно изогнутая со шлемовидно заостренным кончиком, в поперечном сечении асимметрично ромбическая. Длина хвои варьирует от 11 до 17 мм (в среднем 14,0 мм). Опушенность однолетних побегов довольно редкая, трихомы чаще всего одночленные.

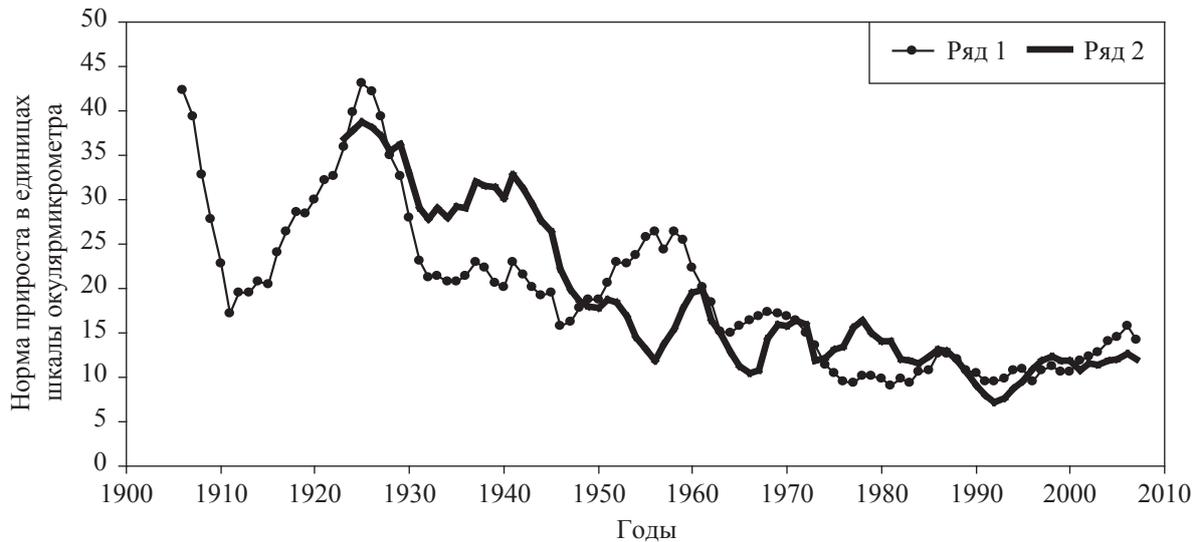


Рис. 2. Проявление цикличности в динамике годичных слоев ели: ряд 1 – дерево № 6, ряд 2 – дерево № 5

Урожай шишек ели в районе Пым-Ва-Шора в 2009 г. был довольно высокий, соответствующий примерно 3–3,5 баллам по шкале Капера, что для столь высоких широт уже само по себе явление достаточно редкое. С целью морфолого-морфометрического изучения шишек и семян и для определения качества семян были отстреляны шишки с 20 деревьев ели, произрастающих на правом склоне долины р. Пым-Ва-Ю. Из последующего анализа были исключены все шишки, пораженные ржавчинными грибами.

Морфометрия шишек (измерение их длины и максимального диаметра) производилась до раскрытия семенных чешуй. Морфометрия семенных чешуй производилась по схеме, разработанной П.П. Поповым [9] на основе ранее предлагавшихся [2, 10 и др.] схем, при этом документально фиксировались контуры всех измеренных семенных чешуй. По результатам морфометрии семенных чешуй оценивались следующие показатели: коэффициент сужения наружного края чешуй (C_n), коэффициент вытянутости (C_p), коэффициент формы чешуй (C_f). После высушивания из шишек с помощью пинцета извлекались все семена, при необходимости шишки для этого разрушались. Измерялись длина семени с крылаткой и ширина крылатки у 10 нормально развитых семян в каждом образце. После обескряливания семена сортировались по следующим категориям: выполненные, пустые, механически повреж-

денные, череззернистые. К выполненным относили внешне нормально развитые семена с полностью пигментированной кожурой и альбиносов, с развитыми эндоспермом и зародышем (зародышами), к пустым – семена, достигшие размеров выполненных, но с полностью некротированными мягкими тканями, к механически поврежденным – в том числе семена, поврежденные семеедами, а также сами личинки семеедов, к череззернистым – щуплые и недоразвитые семена (семяпочки, погибшие до стадии формирования зрелых архегониев).

Биологический смысл такого разделения состоит в следующем. К моменту опыления лишь несколько десятых долей процента от общего количества мегаспорангиев в фертильной зоне макростробилов подвергаются некрозам. Дифференциация будущего урожая по качеству семян начинается вскоре после опыления и обусловлена неопределенно большим числом факторов как наследственного, так и ненаследственного характера. Основными причинами, приводящими к некрозу семяпочек, являются отсутствие опыления, стерильность мужского и (реже) женского гаметофитов, гейтоногамный тип опыления, приводящий к многочисленным нарушениям в процессах оплодотворения, проэмбриогенеза и раннего эмбриогенеза и т.д.

В случае гибели семяпочки вскоре после опыления, в начале формирования нуклеарного гаметофита, на кончике крылатки остается

лишь едва заметное пикнотическое образование – т.н. крылатки без семян. Количественный учет таких образований у ели затруднен из-за их чрезвычайно большого количества в т.н. стерильной зоне макростробила, поэтому в настоящем исследовании пикноты не учитывались. Если некроз семяпочки произошел на стадии формирования клеточного гаметофита и архегониев или на ранних эмбриональных стадиях (проэмбрио) – развивается череззерница – очень мелкие семена, по сути, засохшие семяпочки с полностью некротированным внутренним содержимым и недоразвитой семенной кожурой. Гибель семяпочек на более поздних стадиях эмбрионального развития приводит к образованию т.н. пустых семян, по размерам близких к нормально развитым (выполненным), но с полностью деструктурированными мягкими тканями. Соотношение описанных выше категорий семян в структуре общего урожая и в каждом отдельном стробиле сильно варьирует. В малоурожайные годы со слабым мужским «цветением» число череззерницы и пустых семян в шишках заметно возрастает, что особенно характерно для ели. Причиной высокой смертности семяпочек могут быть и неблагоприятные погодные условия в период микроспорогенеза или во время «цветения». У всех лесобразующих хвойных видов наблюдается высокая индивидуальная изменчивость по выходу семян из шишек. Так, по данным Ю.Н. Исакова [6], количество выполненных семян в шишках сосны обыкновенной варьирует от 0 до 40, что составляет от 0 до 81 % их общего количества.

Разделение выполненных и пустых семян производили механическим путем. При этом в категорию выполненных попали также семена, весь внутренний объем которых был заполнен экскрементами семеедов. Впрочем, общее количество таких семян было невелико (менее 0,1 %) и не сказалось на общих результатах исследований. Вместе с тем, общее количество семян, подвергшихся нападению семеедов, предположительно елового семееда – *Megastigmus abietes* из сем. темных семеедов (*Callimomidae*), было довольно существенным – около 3,5 % от общего количества. Определяли процентное соотношение разных категорий семян, их средний количественный

выход из одной шишки, массу 1000 шт. выполненных семян.

Зрелые женские шишки у ели довольно мелко: их длина варьирует от 3,9 до 6,7 см (среднее значение 5,1 см, CV = 41,6 %), максимальный диаметр от 1,4 до 1,9 см (среднее значение 1,7 см, CV = 2,1 %). Семена также мелко: масса 1000 шт. выполненных семян варьирует от 1,444 до 3,007 г (среднее значение 2,257 г, CV = 17,2 %). Длина семени с крылаткой варьирует от 8,4 до 12,5 мм (среднее значение 10,8 мм, CV = 1,5 %), ширина крылаток варьирует от 4,0 до 5,1 мм (среднее значение 4,7 мм, CV = 8,5 %). Окраска семян имеет преимущественно черновато-бурые, табачно-бурые и буровато-коричневые оттенки. Крылатки имеют преимущественно желто-бурю окраску. У отдельных деревьев в зрелых шишках встречаются выполненные семена с непигментированной семенной кожурой (случай гинандроморфного мозаицизма). Кроме того, у одного из деревьев практически все пары семян оказались со сросшимися краями крылаток и семенной кожуры. Небольшое количество подобных семян присутствовало и в большинстве других образцов. В общей структуре урожая ели доля выполненных семян составляет в среднем 35,0 % (CV = 292,3 %), пустых – 21,5 % (CV = 128,8 %), череззернистых – 40,0 % (CV = 634,9 %).

Форма наружного края семенной чешуи округлая, изредка с небольшой выемкой или слегка заостренным зубчиком на верхушке, в продольном сечении ложковидно, значительно реже – лопатообразно вогнутая. Средние значения коэффициентов формы семенных чешуй ели [9] имеют следующие значения: $C_n = 69,3 \pm 0,97$, $C_p = 40,6 \pm 0,83$, $C_f = 1,74 \pm 0,06$. Вариабельность этих показателей не превышает 20 %.

Одним из факторов, сдерживающих продвижение хвойных на север, является предел адаптационных возможностей их генеративной сферы. В этой связи важно представлять, насколько жизнеспособно семенное потомство, производимое в крайне экстремальных климатических условиях. При проращивании семян ели в лабораторных условиях столкнулись с определенными трудностями.

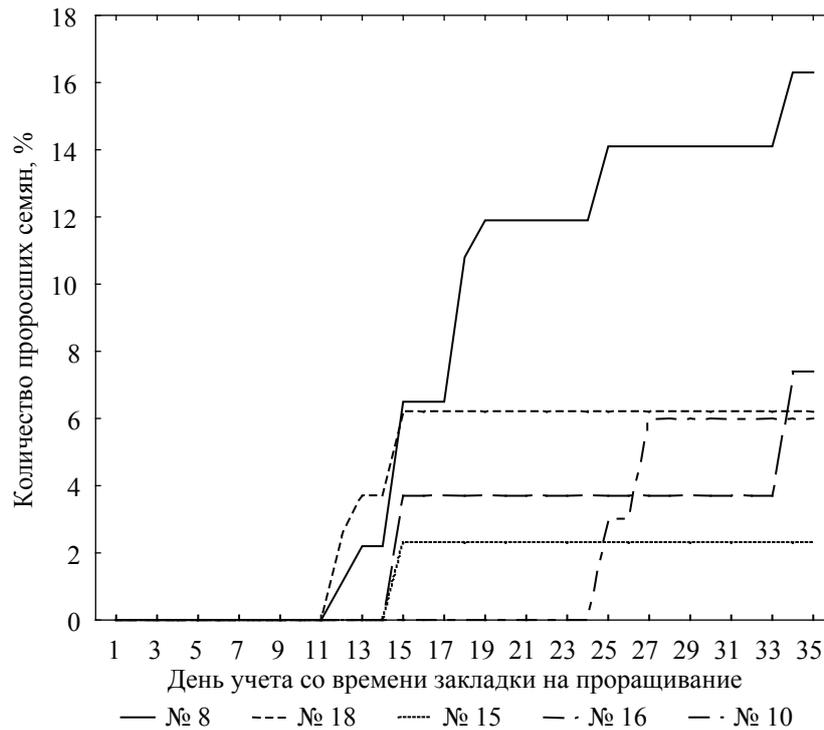


Рис. 3. Динамика прорастания семян ели после холодной стратификации (справа указаны номера деревьев)

При инкубировании этих семян во влажных камерах в термостате при +26,5...+29,5°C они практически не прорастали. Набухание эндоспермов приводило к тому, что семенная кожура лопалась, однако корешки зародышей не выходили наружу. Взрезывание таких непроросших семян не выявило каких-либо существенных отклонений от общего плана морфологического строения. У отдельных зародышей были отмечены пикнотические некрозные пятна на кончиках корешков, однако общее количество таких семян было крайне небольшим. Уровень полиэмбрионии также в целом невысокий: доля кливажных полиэмбрионов в среднем составила 4,3 %, архегониальных – 1,2 %. Зародыши, сформировавшиеся кливажным путем из одной общей оплодотворенной яйцеклетки, чаще всего нежизнеспособны. В отличие от них зародышевые инициалы, проталкиваемые вглубь корродирующей полости эндосперма вторичными суспензорами из разных архегониев чаще всего в дальнейшем дают дифференцированные эмбрионы, одновременное прорастание которых, впрочем, сильно затруднено. В целом же у большинства семян ели, идентифицированных как выполненные

по результатам механического разделения, при взрезывании визуализировались и нормально развитые эндосперм и зародыш, хотя размеры зародышей относительно эндоспермов были несколько меньше обычного. Впрочем, последнее можно вполне объяснить малыми размерами семян ели в целом.

Следует отметить, что формирование семян не завершается морфологической дифференциацией их тканей. Дальнейшие физиолого-биохимические процессы, протекающие в эндосперме и зародыше, в семеноведении трактуются как «вызревание» семян. В это время в семенах происходит снижение содержания моносахаров и увеличение содержания сахарозы, а затем и превращение низкомолекулярных углеводов в белки, крахмал и жиры. В период созревания семян происходит постепенное включение свободного азота (аммоний, нитраты, аминокислоты, амины) в белковые структуры. При этом увеличивается доля низкомолекулярных основных солерастворимых «запасных» белков и уменьшается доля высокомолекулярных кислых водорастворимых белков, связанных со структурами мембран [13]. При неполном вызревании семян эта трансформация не ус-

певаает завершиться до наступления холодов, и такие семена характеризуются пониженной абсолютной всхожестью [1]. У ели оплодотворение происходит в год опыления, поэтому формирование эмбриона должно завершиться в очень сжатые сроки. Вероятно, неполное вызревание семян ели и является одной из основных причин столь низкой их жизнеспособности.

Поскольку результаты взрезывания семян ели не дали прямого ответа на вопрос, насколько жизнеспособно продуцируемое здесь ею семенное потомство, была заложена дополнительная серия опытов по проращиванию семян, при этом испытывались различные варианты режимов инкубирования. Лучшие результаты были достигнуты при проращивании семян при +18...+20°C после холодной (+2...+4°C) стратификации их во влажных камерах в течение 5–7 дней. Перед закладкой на стратификацию семена протравливались в течение 2–3 часов в слабом свежем растворе $KMnO_4$.

Хотя холодная стратификация влажных семян ели и стимулировала их прорастание, все же абсолютная всхожесть оказалась крайне низкой. Индивидуальные значения абсолютной всхожести варьировали от 0 до 16,3 %, при этом нулевая всхожесть была отмечена у 80 % деревьев. Энергия прорастания семян также оказалась низкой, период прорастания их растянут до 35–40 дней (рис. 3).

Резюмируя сказанное выше, можно констатировать следующее. Несмотря на произрастание в экстремальных климатических условиях, следует признать, что ель в урочище Пым-Ва-Шор характеризуется относительно удовлетворительным ростом. Однако продуцируемое здесь ею семенное потомство отличается крайне низким качеством. Следовательно, одной из основных причин, сдерживающих продвижение ели на север, является предел адаптационных возможностей ее генеративной сферы.

Исследования выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты №№ 09-04-02100-э_к, 09-04-00371-а)

Библиографический список

1. Альберт, В.Э. О некоторых биохимических показателях созревания семян сосны / В.Э. Альберт, Н.Н. Пелевина // Селекция, генетика и семеноводство древ. пород как основа создания высокопродукт. лесов. – М., 1980. – Ч. 2. – С. 330–332.
2. Бакшаева, В.И. Изменчивость и формовое разнообразие ели в Карелии: автореф. дис. ... канд. биол. наук / В.И. Бакшаева. – Петрозаводск, 1966. – 22 с.
3. Барзуг, В.М. Анализ многолетней и погодичной динамики прироста хвойных в Беломорье: автореф. дис. ... канд. биол. наук / В.М. Барзуг. – Тарту, 1985. – 27 с.
4. Битвинскас, Т.Т. Дендроклиматические исследования / Т.Т. Битвинскас. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 172 с.
5. Виноградова, В.М. Флора района теплых источников Пым-Ва-Шор в Большеземельской тундре / В.М. Виноградова // Вестник Ленингр. ун-та. – 1962. – Сер. биол. – №9. – Вып. 2. – С. 22–34.
6. Исаков, Ю.Н. Изменчивость деревьев сосны обыкновенной на ПЛСУ по выходу семян при свободном опылении / Ю.Н. Исаков // Селекция, генетика и семеноводство древ. пород как основа создания высокопродукт. лесов. – М., 1980. – Ч. 1. – С. 119–121.
7. Мазепа, В.С. Пространственно-временная изменчивость радиального прироста хвойных видов деревьев в субарктических районах Евразии: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / В.С. Мазепа. – Екатеринбург, 1998. – 38 с.
8. Мамаев, С.А. Уровни изменчивости анатомо-морфологических признаков сосны / С.А. Мамаев // Ботанич. исслед. на Урале (Зап. Свердловск. отд. Всес. бот. общ-ва). – Вып. 5. – Свердловск, 1970. – С. 58–67.
9. Попов, П.П. Гибридная ель на северо-востоке Европы / П.П. Попов // Лесоведение. – 1996. – № 2. – С. 62–72.
10. Правдин, Л.Ф. Ель европейская и ель сибирская в СССР / Л.Ф. Правдин. – М.: Наука, 1975. – 200 с.
11. Феклистов, П.А. Дендроклиматологический анализ прироста сосны и ели в северной подзоне тайги Архангельской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук / П.А. Феклистов. – Тарту, 1978. – 19 с.
12. Шиятов, С. Г. О некоторых особенностях роста древесных растений на верхнем и полярном пределах лесов / С.Г. Шиятов // Вопросы древесного прироста в лесоустройстве. – Каунас, 1967. – С. 107–111.
13. Skre O., Biochemical and physiological changes in seeds of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) during ripening and ecological adaptations to climate. 1. Changes in protein content and enzyme activity / O. Skre // Com. Norw. For. Res. Inst. – 1988. – №40. – Vol. 15. – P. 1–51.

ИЗМЕНЕНИЕ ФЛОРИСТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПОСЛЕ ВЫБОРОЧНЫХ РУБОК В ЕЛЬНИКАХ ЧЕРНИЧНЫХ

Н.В. БУРОВА, доц. каф. ботаники и общей экологии Поморского ГУ им. М.В. Ломоносова, канд. с-х. наук

Д.Н. ТОРБИК, асп. каф. ботаники и общей экологии Поморского ГУ им. М.В. Ломоносова,

П.А. ФЕКЛИСТОВ, проф. каф. экологии и защиты леса Архангельского ГТУ, д-р с-х. наук

glasova@atknet.ru; dn.torbik@mail.ru; feklitov@agtu.ru

Сохранение биологического разнообразия – один из важных принципов устойчивого лесопользования. Необходимость учета и сохранения биоразнообразия продиктована требованиями законодательства РФ [1–5], международных конвенций и договоров, ратифицированных РФ. Согласно Лесному кодексу (2006) лесное законодательство должно основываться на принципе «устойчивого управления лесами, сохранения биологического разнообразия лесов, повышения их потенциала». Кроме того, необходимость учета и сохранения биологического разнообразия прописана в различных стандартах добровольной лесной сертификации. Например, принцип 6 стандарта Лесного попечительского совета [6] гласит, что «ведение лесного хозяйства должно обеспечивать сохранение биологического разнообразия и связанных с ним ценностей...».

Изучением рубок и их последствий занимались многие исследователи. В силу разнообразия рубок, процессов, происходящих на вырубках, и меняющегося законодательства эти вопросы не теряют актуальности. К тому же в литературе освещены в основном лесоводственные аспекты лесозаготовительной деятельности. Вопросам сохранения и восстановления биологического разнообразия при лесозаготовительной деятельности стало уделяться внимание лишь в последние годы. Имеющиеся на сегодня сведения о влиянии заготовки древесины на биоразнообразие и его сохранение на вырубках не достаточны для ответственного проектирования и организации экологически грамотного природопользования.

Биологическое разнообразие представляет собой уникальную особенность живой природы, благодаря которой создается структурная и функциональная организация экологических систем, обеспечивающая их

стабильность во времени и устойчивость к изменениям внешней среды, в том числе и в результате антропогенных воздействий [7]. В результате антропогенной деятельности людей естественные природные экосистемы изменяются, появляются редкие виды организмов, некоторые виды исчезают.

Несмотря на явную необходимость учета и оценки биологического разнообразия при лесозаготовительных работах, осуществляются подобные работы крайне редко в силу ряда проблем: отсутствуют единые методы оценки; огромен выбор показателей; требуется участие узких специалистов (ботаников, зоологов, микологов, бриологов, лишенологов и др.). Сложность этих работ заключается и в том, что важно учесть не только численное представительство видов, но и их обилие, продуктивность, отношение, степень участия в обменных процессах.

Изучение влияния рубок на видовое разнообразие растений осуществлялось в период 2002–2009 гг. на 20 пробных площадях в пригороде г. Архангельска. Для исследования были подобраны участки в наиболее типичных для северной подзоны тайги лесорастительных условиях черничного типа. Исследованные ельники черничные пройдены выборочными рубками ухода слабой интенсивности (11–20 %) в 1973 и 2002 гг. Рубки проводили коридорным способом, прорубая технологические коридоры шириной 4 м через каждые 40 м.

Волока 2–7 лет представляют собой открытые пространства, интенсивно зарастающие осинкой (численность 3–7 тыс. шт./га) и березой (0,5–4 тыс. шт./га). Через тридцать лет после рубки на волоках береза плотностью 9–20 тыс. шт./га образует сомкнутый полог, под которым благополучно возобновляется ель (13–30 тыс. шт./га).

Т а б л и ц а 1

Флористическое разнообразие ельников черничных, пройденных выборочными рубками

Показатель	Пасека	Возраст вырубki (волока), лет						
		2	3	6	7	33	36	37
<i>Видовое богатство</i>								
Древостой	4	4	4	4	4	4	4	4
Подлесок	4	4	4	6	6	6	6	6
травяно-кустарничковый	31	40	38	35	34	25	24	32
мохово-лишайниковый	11	12	9	13	15	9	8	8
всего	50	60	55	58	59	44	42	50
<i>Видовое разнообразие</i>								
травяно-кустарничковый	1,6	2,8	2,7	2,3	2,4	1,9	2,4	1,6
мохово-лишайниковый	1,5	1,7	1,6	1,3	1,4	1,1	1,8	0,9
напочвенный покров	2,2	3,1	3,0	2,5	2,9	2,1	2,8	2,0

Т а б л и ц а 2

Коэффициенты сходства флористического состава напочвенного покрова ельников черничных, пройденных выборочными рубками

Возраст вырубki, лет	Пасека	2	3	6	7	33	36	37
Пасека		0,71	0,59	0,58	0,57	0,62	0,54	0,55
2	*		0,77	0,61	0,51	0,56	0,56	0,53
3				0,53	0,52	0,53	0,52	0,53
6					0,53	0,57	0,57	0,51
7						0,46	0,50	0,51
33							0,57	0,48
36								0,50
37								

* приведена одна сторона матрицы, т.к. другая будет ее зеркальным отражением.

Из параметров биологического разнообразия важна регистрация факта «присутствия–отсутствия» вида. Однако в большинстве случаев этого мало. Видовое разнообразие растительных сообществ и их комплексов оценивается прежде всего через показатели, предложенные в работах Р. Уиттекера [8] и ставшие классическими в современной экологии: альфа-, бета- и гамма-разнообразии.

При оценке видового разнообразия вырубok в пригороде г. Архангельска использовалось три показателя: видовое богатство, индексы Шеннона и Жаккара [9]. Флористический состав древесного и кустарникового ярусов в ходе рубки практически не изменяется (табл. 1). В первые два года после рубки наблюдается вспышка видового богатства растений живого напочвенного покрова. Так, если для ненарушенных ельников черничных характерно 30–35 видов напочвенного

покрова, то на волоках через три года после рубки отмечено 52 вида. Причем, увеличивается число видов как травяно-кустарничкового, так и мохово-лишайникового яруса. Это связано с тем, что после рубки создается множество разнообразных микроместообитаний, субстратов, оголенных участков почвы, которые могут быть заселены разнообразными видами, отсутствующими в естественном сообществе. На волоках тридцатилетней давности отмечено снижение видового богатства напочвенного покрова до 32–40 видов, что соответствует уровню ненарушенных ельников черничных.

В первые 2–3 года после рубки об увеличении флористического разнообразия свидетельствует также более высокий индекс Шеннона 3,0–3,1 по сравнению с ненарушенным сообществом, что связано с увеличением видового богатства и снижением обилия доминантных видов естественного ельника.

Соотношение растений разных эколого-ценотических групп в ельниках черничных, пройденных выборочными рубками

Эколого-ценотическая группа*	Доля видов на вырубках разного возраста, %							
	пасека	2	3	6	7	33	36	37
Br	60,0	42,5	40,5	51,8	44,2	52,4	50,0	52,9
G	3,3	12,5	13,5	0,0	2,9	0,0	0,0	3,1
Md	3,3	12,5	18,9	14,8	17,6	14,3	8,3	9,4
Nm	13,3	10,0	10,8	14,8	8,8	9,3	12,5	12,5
Nt	13,3	17,5	13,5	11,1	14,7	16,0	16,7	15,9
Olg	3,3	2,5	0,0	3,7	8,8	4,0	4,2	3,1
Pn	3,3	2,5	2,7	3,7	2,9	4,0	8,3	3,1

* Br – бореальная, G – гигрофильная, Md – луговая и лугово-опушечная, Nm – неморальная, Nt – нитрофильная, Olg – олиготрофная, Pn – боровая (бореальная).

Для выявления сходства флористического состава вырубок разного возраста использовался коэффициент Жаккара (табл. 2). Наибольшее соответствие видового состава напочвенного покрова установлено для пасаек и двухлетних вырубок (0,71), двух- и трехлетних вырубок (0,77), то есть, несмотря на резкое изменение условий в первые годы после рубки, флористический состав молодых вырубок наиболее близок к естественным ельникам черничным. Коэффициент Жаккара для остальных сравниваемых вырубок значительно ниже (0,46–0,59), что свидетельствует о существенных ежегодных изменениях на вырубках.

Причиной повышения видового разнообразия является создаваемое в ходе рубки структурное разнообразие. Это – одна из мер биологического разнообразия, выражающая разнообразие структурных элементов сообществ, экосистем. Структурное разнообразие лесных сообществ включает прежде всего разнообразие элементов вертикальной и горизонтальной структуры фитоценоза, элементы ветровально-почвенных комплексов. Ненарушенные ельники черничные характеризуются относительно однообразной структурой. В данном типе леса отмечается четыре яруса, невысокая доля сухостоя (1–5 %) и немногочисленный валеж (в среднем 500 шт./га). После рубки структура данных сообществ становится значительно разнообразнее. На вырубках можно выделить неповрежденные участки с характерной для ненарушенного сообщества растительностью; участки с поврежденным почвенным покровом, к которым приурочены синузиды сорных и луговых трав; валеж, являю-

щийся субстратом для произрастания лишайников и моховидных; порубочные остатки, зарастающие иван-чаем узколистным.

Изменение экологических условий на вырубках ведет к изменению эколого-фитоценотической структуры сообщества. На наименее нарушенных участках вырубки (пасеках) произрастают в основном (60,0 %) бореальные виды (голокучник обыкновенный, грушанка круглолистная, ортилия однобокая, кислица обыкновенная, линнея северная, майник двулистный, ожика волосистая, седмичник европейский, черника и др.). На волоках через 2–3 года после рубки их доля сокращается до 40,5–42,5 %. Одновременно с этим отмечено возрастание доли гигрофильных (гравилат речной, ситник нитевидный, таволга вязолистная, хвощ болотный и др.) и луговых (лисохвост луговой, клевер ползучий, одуванчик лекарственный, лютик золотистый, манжетка, горошек заборный, чина луговая, щучка дернистая и др.) видов, которые весьма чувствительны к увеличению освещенности и нарушению почвенного покрова в ходе рубки (табл. 3).

Различные виды растений по-разному реагируют на изменение среды после рубки. Для оценки влияния рубки на состояние ценопопуляций отдельных видов использовались показатели, основанные на прямом количественном учете: проективное покрытие, обилие, встречаемость. Проанализировав показатели численности отдельных видов напочвенного покрова, можно условно разделить их на несколько групп:

1. виды, которые вселяются после рубки, т.е. отмечены на вырубках и отсутствуют

в естественных сообществах: вейник незамеченный, дудник лесной, купальница европейская, одуванчик лекарственный, таволга вязолистная, хвощ полевой, чина луговая, щучка дернистая, кульбаба осенняя, лисохвост луговой, манжетка, горошек заборный, клевер ползучий, осока шаровидная, хвощ луговой, черноголовка обыкновенная, мятлик луговой, осока удлиненная, вероника лекарственная, лютик золотистый, ситник нитевидный, политрихум можжевельниковый;

2. виды, которые снижают численность после рубки: марьянник луговой, ожика волосистая, черника;

3. виды, которые снижают численность в первые годы после рубки, а затем ее увеличивают: майник двулистный, гилокомиум блестящий, дикранум метловидный, плетурозий Шребери;

4. виды, которые увеличивают численность после рубки: костяника каменистая, голокучник обыкновенный, гравилат речной, политрихум обыкновенный, сфагнум, мниум;

5. виды, которые увеличивают численность в первые годы после рубки, а затем ее снижают: иван-чай узколистый, кислица обыкновенная, седмичник европейский;

6. виды, для которых не зафиксировано изменения численности: аконит высокий, грушанка круглолистная, княженика арктическая, марьянник лесной, ортилия однобокая, перловник поникший, плаун годичный, скерда болотная, хвощ болотный, чина весенняя, шикша черная, ястребинка, птилюм гребенчатый, кладония бахромчатая, бесформенная и шишконосная.

Таким образом, в ельниках черничных после рубки отмечено увеличение биологического разнообразия. Это еще раз опровергает тот факт, что стабильные и нетронутые экосистемы сохраняют высокую степень разнообразия, а в разрушенных экосистемах или находящихся под сильным влиянием антропогенных факторов обычно наблюдается обеднение биоразнообразия. Связь разнообразия и устойчивости экосистем вряд ли укладывается в простую формулу «чем больше разнообразие, тем лучше» [7]. Принято считать, что исторически сложившееся экосистемное разнообразие какого-либо региона безусловно способствует стабилизации круговорота веществ и энергии.

Библиографический список

1. Лесной кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 04.12.2006. № 200-ФЗ.
2. Об охране окружающей среды. Федеральный закон от 10.01.2002. № 7-ФЗ.
3. Об особо охраняемых природных территориях. Федеральный закон от 14.03.1995. № 33-ФЗ.
4. О животном мире. Федеральный закон от 24.04.1995. № 52-ФЗ.
5. О Красной книге Российской Федерации. Постановление Правительства РФ от 19.02.1996. № 158.
6. Принципы и критерии ЛПС, документ 1.2 // Материалы лесного попечительского совета. Вып. 1. – М.: Национальная рабочая группа по добровольной лесной сертификации, 1999.
7. Алимов, А.Ф. Биоразнообразие, его охрана и мониторинг / А.Ф. Алимов, В.Ф. Ленченко, Я.И. Старобогатов // Мониторинг биоразнообразия. – М., 1997. – С. 16–25.
8. Уиттекер, Р. Сообщества и экосистемы: пер. с англ. / Р. Уиттекер. – М.: Мир, 1980. – 327 с.
9. Одум, Ю. Основы экологии / Ю. Одум; под ред. Н.П. Наумова. – М.: Мир, 1975. – 740 с.

ОПЫТ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЯНЦЕВ ДУБА КРАСНОГО В УСЛОВИЯХ ПОДМОСКОВЬЯ

У.Е. НОВИКОВА, *асп. каф. лесных культур МГУЛ*

noulyana@yandex.ru

В настоящее время участки зоны хвойно-широколиственных лесов Центрального федерального округа Российской Федерации (ЦФО РФ) с преобладанием дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) уже не представляют собой единого лесного массива. По официальным данным лесной статистики Российской

Федерации, на 1 января 2008 г. эти площади лесного фонда (высокоствольного и низкоствольного происхождения) составляют 908,2 тыс. га с общим запасом 156,1 млн м³. Из них 833 тыс. га (92 %) приходится на защитные леса, в которых, согласно Лесному кодексу Российской Федерации [1], запрещены

сплошные рубки с целью заготовки древесины. На данный момент наибольший процент дубовых насаждений сосредоточен в следующих областях: Тульская – 9,6 %; Рязанская – 7,8 %; Брянская – 7 %.

По результатам учета Гослесфонда, площади дубовых насаждений сократились за период с 1960 по 2008 гг. в среднем на 10–30 % в зависимости от района произрастания. Это связано с большой антропогенной нагрузкой на леса в центральном регионе европейской части России. Без искусственного лесовосстановления широколиственные породы в этой зоне уже не в состоянии восстановить прежние позиции, хотя по почвенно-климатическим условиям могут здесь произрастать.

Одним из возможных вариантов решения данной проблемы является введение новых быстрорастущих и хозяйственно ценных пород – интродуцентов, которые имеют явные преимущества перед местными лесообразующими породами по скорости роста, качеству древесины или другим ценным свойствам [2]. Одной из таких пород является дуб красный (*Quercus rubra L.*), естественный ареал которого находится в широколиственных лесах Северной Америки [3]. Ряд положительных качеств этой породы делает его одним из лучших интродуцентов для выращивания на лесных площадях в центральном регионе европейской части России. К этим качествам относятся: 1. Быстрый рост. До 40 лет дуб красный растет в два–три раза быстрее дуба черешчатого. При освобождении от конкуренции он быстро занимает господствующее положение в насаждении. Это говорит о том, что дуб красный с раннего возраста имеет потенциальное превосходство в развитии. 2. Широкий диапазон эдафических условий произрастания. 3. Устойчивость к антропогенным воздействиям, что особенно важно при введении в городские посадки и леса зеленых зон. 4. Почвоукрепляющие и почвоулучшающие свойства. Опад содержит большое количество минеральных веществ (известь, фосфор, азот и др.). Процесс разложения листовой подстилки происходит более интенсивно, чем у дуба черешчатого. 5. Устойчивость к ветровалу и бурелому. 6. Теневыносливость. 7. Морозостойкость. Лучше дуба черешчатого переносит зимние низкие

температуры. Однако в молодом возрасте может подмерзнуть, но это не сказывается на скорости его роста. 8. По сравнению с другими видами рода *Quercus* дуб красный в меньшей степени повреждается фито- и энтомофагами; устойчив к повреждениям зеленой дубовой листоверткой, дубовой филлоксерой, дубовой желтой тлей, а также мучнистой росой. 9. Главной лесохозяйственной особенностью дуба красного является быстрое достижение возраста биологической спелости (50–70 лет). Это позволяет почти в два раза сократить оборот рубки. 10. Высокая доброкачественность семян (в 2–3 раза выше, чем у дуба черешчатого). Желуди практически не повреждаются желудевым долгоносиком и имеют большой процент всхожести (85–95 %).

Благодаря особенностям габитуса дуб красный является особо ценной породой для зеленого строительства.

Перечисленные качества дуба красного делают его весьма перспективной лесообразующей породой в зоне хвойно-широколиственных лесов. Поэтому исследования этой древесной породы являются актуальными.

Осенью 2008 и весной 2009 гг. заложены опытные посевы дуба красного различного происхождения в Гребневском питомнике Щелковского учебно-опытного лесхоза. Семена были собраны с четырех участков: 1. Корневского участка лесничества Суджанского лесничества Курской области; 2. Парка «Останкино» г. Москва; 3. «Переславского дендрологического сада им. С.Ф. Хариотонова», г. Переславль-Залесский Ярославской области; 4. Валентиновского питомника Щелковского учебно-опытного лесничества. В течение лета 2009 г. за посевами велись наблюдения, в ходе которых определялись грунтовая всхожесть, степень поражения вредителями и болезнями и проводились агротехнические уходы. В конце вегетационного сезона проведены измерения сеянцев по следующим параметрам: высота сеянца; диаметр сеянца у корневой шейки; длина вторичного годового прироста. Так же установлена доля растений с вторичным годовым приростом. Обработка данных проводилась согласно методике Н.Н. Свалова [4]. Результаты обработки данных представлены в таблице.

Параметры однолетних семян дуба красного различного происхождения

Происхождение	Высота		Диаметр		Вторичный прирост		Грунтовая всхожесть, %
	$M \pm m$, см	V , %	$M \pm m$, мм	V , %	M , см	встречаемость, %	
Курская область	23,50±1,34	31	2,97±0,18	34	13,4	90	95
г. Москва	15,0±1,08	40	3,10±0,18	33	8,9	63	85
г. Переславль-Залесский, Ярославская область	14,33±1,24	47	3,63±0,18	27	8,8	57	90
Валентиновский питомник ШУОЛ, Московская область	8,67±0,42	27	2,87±0,17	32	5,9	17	25

Из таблицы следует, что самая низкая грунтовая всхожесть, как и процент встречаемости семян с вторичным приростом, установлен у семян, собранных в Валентиновском питомнике (25 %; 17 % соответственно). Это связано с тем, что в Московской области 2008 г. (год сбора семян) был неурожайным для дуба красного; желуди имели диаметр ниже среднего (1,0–1,2 см); установлен большой процент недоброкачественных семян (пустых, больных, незрелых) – 20 %. Остальные происхождения характеризуются высокой грунтовой всхожестью (95 %; 85 %; 90 % соответственно), что обусловлено высоким качеством семян, большим диаметром желудей (2,0–2,5 см). Наилучшая грунтовая всхожесть наблюдалась у семян Курского происхождения (95 %). Максимальное количество семян с вторичным годичным приростом и с наибольшей длиной годичного прироста установлено у семян Курского происхождения (90 %; 13,4 см).

Сеянцы этого же происхождения имеют лучший рост в высоту (23,5 см). Для определения достоверности различий в средних высотах сеянцев был вычислен критерий Стьюдента при однопроцентном уровне существенности по парам вариационных рядов. В результате было установлено, что сеянцы, выращенные из семян Курского происхождения, достоверно отличаются по высоте от сеянцев остальных происхождений (критерий Стьюдента 4,94; 5,0; 10,6 соответственно при стандартном значении $t_{ст} = 2,75$) [5]. Коэффициенты вариации прироста по высоте [6] оказываются в пределах высокого и очень высокого уровней (27–47 %).

Аналогичная ситуация прослеживается и с варьированием по диаметру у корне-

вой шейки (V равно 27–34 %). Наибольший средний диаметр установлен у сеянцев Переславль-Залесского происхождения (3,63 мм). Он достоверно отличается от остальных происхождений по 5-ти процентному критерию Стьюдента (2,64; 2,12; 3,04 соответственно при стандартном значении $t_{ст} = 2,04$).

В результате проведенной работы можно сделать вывод, что сеянцы дуба красного инорайонного происхождения хорошо приживаются в условиях Московской области и показывают хороший рост в высоту и по диаметру. Дуб красный – один из лучших интродуцентов для введения как в эксплуатационные, так и в рекреационные леса центрального региона европейской части России. Работа по изучению выращивания посадочного материала в условиях Подмосковья должна быть продолжена. Это позволит сократить сроки выращивания посадочного материала и ускорит введение дуба красного в породный состав широколиственных лесов.

Библиографический список:

1. Лесной кодекс Российской Федерации. Официальное издание. С изм. и доп. – М.: Юрид. лит., 2009. – 120 с.
2. Редько, Г.И. Лесные культуры: учебное пособие / Г.И. Редько, М.Д. Мерзленко, Н.А. Бабич. – СПб.: ГЛТА, 2005. – 556 с.
3. Булыгин, Н.Е. Дендрология / Н.Е. Булыгин, В.Т. Ярмишко. – М.: МГУЛ, 2001. – 528 с.
4. Свалов, Н.Н. Вариационная статистика: учебное пособие для студентов лесного факультета – 4-е стереотипное издание / Н.Н. Свалов. – М.: МГУЛ, 2001. – 80 с.
5. Шмидт, В.М. Математические методы в ботанике: учеб. пособие / В.М. Шмидт. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. – 288 с.
6. Лакин, Г.Ф. Биометрия: учеб. пособие для биол. спец. вузов – 4-е изд., перераб. и доп. / Г.Ф. Лакин – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.

ОЦЕНКА РЕПРОДУКТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА КЛЕН (*ACER L.*) В УСЛОВИЯХ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Л.И. ЗАХАРОВА, асп. каф. лесных культур Нижегородской ГСХА

charusy@bk.ru; dzer.reestr@bk.ru

Важным показателем успешной адаптации видов к новым условиям среды при интродукции является реализация растением всех этапов онтогенеза и способности обеспечивать семенную репродукцию. Смена поколений в конечном итоге способна обеспечить акклиматизацию экзотов. Посевные качества семян, обеспечивающие выращивание нормального потомства, имеют в связи с этим большое значение. Поэтому переход интродуцированных растений в генеративное состояние рассматривается как один из решающих факторов в оценке успешности их интродукции.

Перспективными породами при введении в культуру в условиях Нижегородской области выступают виды рода клен (*Acer L.*) из семейства *Aceraceae Lindl.* Из 150 видов указанного рода на территории Нижегородской области аборигеном является только один вид – к. остролистный (*a. platanoides L.*), 20 видов интродуцировано. Все виды клена очень декоративны, многие ценятся за хорошую древесину.

Объектом исследования служили коллекционные посадки клена, расположенные в питомнике-дендрарии г. Дзержинска и ботаническом саду ННГУ им. Н.И. Лобачевского в г. Нижнем Новгороде.

Из 21 вида рода клен, произрастающих на территории Нижегородской области, плодоносят 14 видов. В 2008 г. обильный урожай дали 8 видов клена. В ботаническом саду ННГУ им. Н.И. Лобачевского были собраны семена к. полевого, к. ложнозибольдового, к. мелколистного, к. ясенелистного, к. остролистного; в питомнике-дендрарии г. Дзержинска – семена к. колосистого, к. ясенелистного, к. остролистного, к. гиннала и к. татарского.

У исследуемых видов с помощью электронного штангенциркуля ELECNRONIC DIGITAL CLIPER с точностью до 0,01 мм измеряли следующие параметры: общую длину крылатки, длину крыла, длину капсулы, ширину крыла, ширину капсулы, толщину крыла, толщину капсулы. Массу крылаток, массу капсулы и массу крыла определяли путем взвешивания на торсионных весах с точностью до 1 мг. Отбор образцов крылаток для биометрирования производили из периферийной, хорошо освещенной средней части кроны рендомизированно.

Исследуемые виды были проанализированы по значениям средних величин линейных признаков. Величины средних значений признаков представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Средние значения линейных признаков крылаток представителей рода клен (*Acer L.*)

Объекты исследования	Показатели						
	Общая длина, мм	Длина крыла, мм	Длина капсулы, мм	Ширина крыла, мм	Ширина капсулы, мм	Толщина крыла, мм	Толщина капсулы, мм
к. остролистный (Н.Н)	50,77±0,67	35,53±0,61	15,23±0,1	17,38±0,34	11,80±0,14	0,60±0,009	2,80±0,05
к. остролистный (Д.)	45,04±0,23	30,85±0,21	14,19±0,06	13,02±0,10	12,12±0,05	0,70±0,01	4,16±0,08
к. ясенелистный (Н.Н)	33,57±0,20	17,31±0,18	16,26±0,06	9,13±0,07	4,00±0,02	0,46±0,005	1,75±0,02
к. ясенелистный (Д.)	37,96±0,19	18,28±0,12	19,68±0,14	10,86±0,06	5,26±0,04	0,33±0,007	2,42±0,03
к. ложнозибольдов (Н.Н)	20,87±0,14	15,66±0,13	5,21±0,03	6,08±0,07	4,64±0,03	0,19±0,003	3,93±0,03
к. татарский (Д.)	36,69±0,21	24,84±0,19	11,85±0,05	12,26±0,08	6,57±0,04	0,40±0,005	2,44±0,02
к. гиннала (Д.)	26,26±0,17	18,06±0,14	8,19±0,07	9,67±0,08	4,15±0,02	0,27±0,005	2,21±0,03
к. колосистый (Д.)	21,84±0,14	13,24±0,10	6,33±0,03	8,60±0,07	4,58±0,03	0,18±0,004	2,07±0,02
к. полевой (Н.Н.)	30,88±0,24	21,36±0,22	9,52±0,06	11,58±0,13	8,81±0,05	0,32±0,005	2,92±0,03
к. мелколистный (Н.Н.)	24,92±0,11	14,82±0,17	10,11±0,06	7,70±0,09	7,52±0,06	0,24±0,004	1,88±0,03

Коэффициенты вариации (в %) линейных признаков крылаток представителей рода клен (Acer L.)

Показатели	Объекты исследования									
	К. остролистный (г. Нижний Новгород)	К. остролистный (г. Дзержинск)	К. ясенелистный (г. Нижний Новгород)	К. ясенелистный (г. Дзержинск)	К. ложнозiboldов (г. Нижний Новгород)	К. татарский (г. Дзержинск)	К. гиннала (г. Дзержинск)	К. колосистый (г. Дзержинск)	К. полевой (г. Нижний Новгород)	К. мелколистный (г. Нижний Новгород)
Общая длина, мм	13,26	5,01	5,96	5,00	6,76	5,69	6,45	6,38	7,93	8,30
Длина крыла, мм	17,04	6,97	10,51	6,35	8,61	7,80	7,71	7,36	10,21	11,64
Длина капсулы, мм	6,75	4,24	3,84	7,15	6,03	4,04	8,09	5,13	5,86	5,95
Ширина крыла, мм	19,43	7,60	8,18	5,57	11,08	6,89	8,78	8,61	11,61	12,30
Ширина капсулы, мм	12,05	4,18	4,97	7,29	6,77	6,53	5,84	5,70	6,13	7,45
Толщина крыла, мм	14,83	13,69	11,42	21,25	15,60	11,13	16,81	22,04	16,24	17,13
Толщина капсулы, мм	17,33	18,94	9,36	10,75	6,64	9,68	14,28	7,38	9,90	16,90

Статистические показатели весовых признаков плодов представителей рода клен (Acer L.)

Показатели	Объекты исследования									
	К. остролистный (г. Нижний Новгород)	К. остролистный (г. Дзержинск)	К. ясенелистный (г. Нижний Новгород)	К. ясенелистный (г. Дзержинск)	К. ложнозiboldов (г. Нижний Новгород)	К. татарский (г. Дзержинск)	К. гиннала (г. Дзержинск)	К. колосистый (г. Дзержинск)	К. полевой (г. Нижний Новгород)	К. мелколистный (г. Нижний Новгород)
Общая масса крылатки, мг										
\bar{x}	158±3,37	151,57±2,26	38,93±0,61	60,24±1,00	44,73±0,67	58,09±0,72	25,63±0,41	12,89±0,35	77,27±1,30	49,32±1,26
$C_v, \%$	21,34	14,91	15,76	16,52	14,93	12,38	16,14	26,87	16,85	25,51
$P, \%$	2,13	1,49	1,58	1,65	1,49	1,24	1,61	2,69	1,69	2,55
t	46,87	67,09	63,47	60,52	66,96	80,79	61,97	37,21	59,35	39,20
Масса капсулы, мг										
\bar{x}	122,97±2,39	125,19±2,00	34,34±0,56	53,93±0,95	40,72±0,64	48,83±0,61	20,56±0,34	10,29±0,30	68,11±1,14	44,69±1,18
$C_v, \%$	19,42	15,96	16,41	17,56	15,60	12,41	16,45	28,95	16,80	26,50
$P, \%$	1,94	1,60	1,64	1,76	1,56	1,24	1,65	2,90	1,68	2,65
t	51,50	62,65	60,95	56,94	64,09	80,57	60,78	34,54	59,52	37,74
Масса крыла, мг										
\bar{x}	35,03±1,29	26,38±0,51	4,59±0,09	6,31±0,13	4,01±0,11	9,26±0,21	5,07±0,14	2,6±0,09	9,16±0,24	4,63±0,12
$C_v, \%$	36,87	19,48	20,09	20,73	26,64	22,43	28,35	35,0	26,27	25,99
$P, \%$	3,68	1,95	2,01	2,07	2,66	2,24	2,83	3,5	2,63	2,60
t	27,16	51,32	49,77	48,24	37,54	44,58	35,28	28,57	38,06	38,48

Наибольшие значения параметров семян, заготовленных в обоих населенных пунктах, зафиксированы у к. остролистного. Высокие значения ряда признаков отмечены у к. ясенелистного. Наименьшие средние значения отдельных признаков отмечены у крылаток к. ложнозiboldового, к. колосистого, к. ясенелистного.

Наибольший разброс средних значений зафиксирован по толщине крыла, максимальное значение признака 0,70 мм превышает минимальное – 0,18 мм в 3,89 раза. Наименьший разброс средних значений зафиксирован по толщине капсулы, максимальное значение признака 4,16 мм превышает минимальное – 1,75 мм в 2,38 раза.

Результаты однофакторного дисперсионного анализа по параметрам плодов к. остролистного (*a. platanoides* L.) и к. ясенелистного (*a. neguno* L.), собранных в разных населенных пунктах

Признаки	Критерий Фишера		Доля влияния фактора, $\eta I \pm m$		НСР05	Критерий Тьюки, D
	F	F ₀₅	Плохинский	Снедекор		
К. остролистный						
Общая длина крылатки, мм	65,10	3,89	0,98±0,0	0,39±0,003	1,41	2,26
Длина крыла, мм	53,19	3,89	0,98±0,0	0,34±0,003	1,27	2,04
Длина капсулы, мм	76,72	3,89	0,99±0,0	0,43±0,003	0,24	0,38
Ширина крыла, мм	153,66	3,89	0,99±0,0	0,60±0,002	0,70	1,12
Ширина капсулы, мм	4,93	3,89	0,81±0,0009	0,032±0,005	0,30	0,48
Толщина крыла, мм	56,48	3,89	0,98±0,0	0,36±0,003	0,03	0,04
Толщина капсулы, мм	218,11	3,89	1,00±0,0	0,68±0,001	0,18	0,29
Общая масса, мг	2,51	3,89	0,72±0,001	0,015±0,005	8,04	12,91
Масса крыла, мг	38,82	3,89	0,97±0,001	0,27±0,004	2,75	4,42
Масса капсулы, мг	0,51	3,89	0,34±0,003	0±0,005	6,17	9,91
К. ясенелистный						
Общая длина крылатки, мм	253,17	3,89	1,0±0,0	0,72±0,001	0,55	0,88
Длина крыла, мм	20,17	3,89	0,95±0,0002	0,16±0,004	0,43	0,69
Длина капсулы, мм	494,63	3,89	1,0±0,0	0,83±0,0008	0,30	0,49
Ширина крыла, мм	324,31	3,89	1,0±0,0	0,76±0,001	0,19	0,31
Ширина капсулы, мм	848,39	3,89	1,0±0,0	0,89±0,0005	0,09	0,14
Толщина крыла, мм	5696,77	3,89	1,0±0,0	0,98±0,0	0,12	0,20
Толщина капсулы, мм	471,97	3,89	1,0±0,0	0,82±0,0009	0,06	0,10
Общая масса, мг	332,21	3,89	1,0±0,0	0,77±0,001	2,31	3,72
Масса крыла, мг	115,50	3,89	0,99±0,0	0,53±0,002	0,32	0,51
Масса капсулы, мг	316,00	3,89	1,0±0,0	0,76±0,0	2,18	3,51

Изменчивость анализируемых признаков оценивалась и по коэффициентам вариации (табл. 2).

Самые высокие значения коэффициентов вариации практически у всех рассматриваемых видов при оценке признаков имела толщина крыла – от 15,60 до 22,04 %, что соответствует среднему уровню изменчивости по шкале Мамаева С.А. [3]. Остальные виды по данному признаку имели коэффициенты вариации, соответствующие низкому уровню изменчивости (11,42 % – 14,83 %).

Наименьшие значения коэффициентов вариации проявил признак – длина капсулы (3,84 – 8,09 %).

Результаты статистического анализа массы плодов и их частей приведены в табл. 3.

Виды заметно различались по средним показателям массы плодов. Наибольшим показателем общей массы крылатки (158 мг)

и массы крыла (35,03 мг) отличается к. остролистный (Н. Новгород), массы капсулы (125,19 мг) – к. остролистный (г. Дзержинск). Наименьшими весовыми показателями крылаток отличается к. колосистый (общая масса крылатки – 12,89 мг, масса капсулы – 10,29 мг, масса крыла – 2,6 мг).

Изменчивость рассматриваемых признаков, оцениваемую по коэффициентам вариации с использованием шкалы С.А. Мамаева [3], можно отнести к следующим уровням: общую массу крылатки и массу капсулы – к низкому, среднему и повышенному; массу крыла – к среднему, повышенному и высокому.

Для выявления существенных различий между семенами одного вида, собранных в разных населенных пунктах, был проведен однофакторный дисперсионный анализ. Результаты однофакторного анализа приведены в табл. 4.

Результаты определения доброкачественности семян представителей рода клен (*Acer L.*)

Название вида	Кол-во доброкачественных семян, %	Количество недоброкачественных семян по категориям, %				
		пустые	беззародышевые	поврежден. вредителями	загнившие	всего
К. полевой (Н.Н.)	90	3	5	2	–	10
К. колосистый (Д.)	44	–	54	–	2	56
К. ложнозибольдов (Н.Н.)	98	–	2	–	–	2
К. мелколистный (Н.Н.)	75	4	11	–	10	25
К. ясенелистный (Н.Н.)	87	5	3	–	5	13
К. ясенелистный (Д.)	77	–	2	–	21	23
К. остролистный (Д.)	74	3	3	3	7	16
К. остролистный (Н.Н.)	82	3	14	1	–	18
К. гиннала (Д.)	94	2	3	–	1	6
К. татарский (Д.)	99	–	1	–	–	1

Показатели грунтовой всхожести

Название вида	Грунтовая всхожесть, %	Дата появления первых всходов	Дата появления дружных всходов
К. полевой (Н.Н.)	18	1 мая	7 мая
К. колосистый (Д.)	10	5 мая	7 мая
К. ложнозибольдов (Н.Н.)	9	9 мая	–
К. мелколистный (Н.Н.)	32	3 мая	9 мая
К. ясенелистный (Н.Н.)	40	30 апреля	3 мая
К. ясенелистный (Д.)	36	30 апреля	3 мая
К. остролистный (Д.)	48	30 апреля	5 мая
К. остролистный (Н.Н.)	79	30 апреля	3 мая
К. гиннала (Д.)	33	1 мая	5 мая
К. татарский (Д.)	29	3 мая	7 мая

Данные однофакторного дисперсионного анализа свидетельствуют о наличии в изученном комплексе плодов к. остролистного, собранных в различных населенных пунктах, существенных различий в показателях общей длины ($F = 65,10$), длины крыла ($F = 53,19$), длины капсулы ($F = 76,72$), ширины крыла ($F = 153,66$), ширины капсулы ($F = 4,93$), толщины крыла ($F = 56,48$), толщины капсулы ($F = 218,11$), массы крыла ($F = 38,82$). Опытные значения критериев Фишера превосходят соответствующие табличные значения ($F_{05} = 3,89$). По показателям общей массы ($F = 2,51$) и массы капсулы ($F = 0,51$) однофакторный дисперсионный анализ не выявил наличия существенных различий между сравниваемыми объектами. Опытные критерии Фишера в изученном комплексе

плодов к. ясенелистного ($F = 20,17 - 5696,77$) во много раз превышают критические значения на 5 % уровне значимости ($F_{05} = 3,89$).

Анализ данных позволяет сделать заключение о том, что изменчивость большинства признаков в значительной степени обусловлена принадлежностью месту произрастания. Доля влияния организованных факторов к. остролистного (различий по месту произрастания) на формирование дисперсии колеблется в зависимости от признака по Плохинскому 34–100 %, по Снедекору 0–68 %. Изменчивость анализируемых признаков к. ясенелистного на 95–100 % по Плохинскому, 16–98 % по Снедекору обусловлена местом сбора плодов.

Посевные качества семян исследуемых видов определяли методом взрезывания. Оп-

ределение доброкачественности проводилось с использованием ГОСТа 13056.6-75 [1].

Перед взрезыванием крылатки кленов намачивали в течение суток в воде температурой 18–20°C, после чего перемешивали с влажными опилками и помещали на 30 дней в ящики с сетчатым дном. Смесь периодически увлажнялась.

При взрезывании учитывались отдельно по каждой пробе число доброкачественных и недоброкачественных семян, в том числе пустых, беззародышевых, поврежденных вредителями, загнивших. Результаты исследования приведены в табл. 5.

Анализ показал, что семена представлены всеми категориями, предусмотренными стандартом. В этом отношении исследуемые образцы оказались неоднородными (табл. 5).

К. ясенелистный (г. Н.Новгород) имел наибольшее количество пустых семян – 5 %. У к. колосистого, к. ложнозизольдового, к. ясенелистного (г. Дзержинск), к. татарского пустых семян не выявлено. Наибольшее количество беззародышевых семян обнаружено у к. колосистого – 54 %. Наименьшее – у к. татарского – 1 %. Пустые семена присутствовали в различном количестве (2–14 %) у всех исследованных видов. Семена, поврежденные вредителями, обнаружены у к. остролистного (г. Н.Новгород) – 1 %, к. полевого – 2 %, к. остролистного (г. Дзержинск) – 3 %. Наибольшее количество загнивших семян имел к. ясенелистный (г. Дзержинск) – 21 %. Загнившие семена не обнаружены у к. полевого, к. ложнозизольдового, к. остролистного (г. Н.Новгород), к. татарского. По данным табл. 7 видно, что наибольшее количество доброкачественных семян у к. татарского (99 %) и к. ложнозизольдового (98 %), наименьшее количество доброкачественных семян у к. колосистого (44 %). Оставшиеся виды имели от 74 % до 94 % здоровых семян. В соответствии с ГОСТ 13857-95 [2] семена к. гиннала, к. полевого, к. татарского, к. ясенелистного (Н. Новгород) можно отнести к I классу качества; к. остролистного (г. Н. Новгород), к. ясенелистного (г. Дзержинск) – ко II классу; к. остролистного (г. Дзержинск) – к III классу. Для остальных исследуемых нами

видов клена ГОСТ не устанавливает пределы качества семян.

Изучение поведения семян в условиях грунтового посева проводилось нами в 2008 г. Для этого осенью семена высевались в плюсовые гряды высотой 10 см, шириной 1 м. Посев производился в поперечные строки с расстоянием между центрами 15 см. В зависимости от размера семян их количество на 1 м строки составляло от 25 до 50 шт.

Весной 2009 г. всхожесть продемонстрировали все исследуемые виды клена. Наблюдения за появлением всходов было начато сразу после схода снега (5 апреля). Гряды осматривались один раз в два дня. С момента начала прорастания семян через день подсчитывалось количество всходов отдельно по каждому исследуемому виду. Появление первых всходов зафиксировано у к. остролистного и к. ясенелистного, независимо от места сбора – 30 апреля. Позднее всех начали появляться всходы у к. ложнозизольдового – 9 мая (таблица 6).

Довольно высокую грунтовую всхожесть – 79 % продемонстрировали семена к. остролистного, собранные в г. Н.Новгороде. Наименьшая грунтовая всхожесть у к. ложнозизольдового – 9 %. Низкая грунтовая всхожесть к. ложнозизольдового (9 %), к. полевого (18 %), к. татарского (29 %) при наличии в общей массе семян 90–99 % доброкачественных свидетельствует о необходимости уточнения режимов предпосевной подготовки, сроков посева, глубины заделки семян данных интродуцентов в условиях Нижегородской области.

Библиографический список

1. ГОСТ 13056.6 – 75 Государственный стандарт. Методы определения всхожести // Семена деревьев и кустарников. Правила отбора образцов и методы определения посевных качеств семян – М., 1977. – С. 134 – 148.
2. ГОСТ 13857-95 Государственный стандарт // Семена деревьев и кустарников. Посевные качества. Технические условия – М., 2000.
3. Мамаев, С.А. О проблемах и методах внутривидовой систематики растений. Амплитуда изменчивости: закономерности формообразования и дифференциации вида у древесных растений / С.А. Мамаев // Труды института экологии растений и животных. – Свердловск, 1969. – Вып. 64. – С. 3–38.

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ РОСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ У ЕЛИ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ ЮЖНОЙ ПОДЗОНЫ ТАЙГИ

А.В. ИВАНОВ, *асп. каф. лесных культур МГУЛ*

aleksandr86@mail.ru

В настоящее время существует лишь несколько работ, посвященных анализу роста географических культур ели в связи с метеорологическими условиями. Такие исследования проведены в Эстонии [7], Республике Коми [5], Московской области [2, 3, 4]. Установлена существенная связь между началом роста побегов и суммой эффективных температур (с момента, когда дневная температура перестает опускаться ниже +5 °С). Аналогичных данных для условий южной подзоны тайги зоны хвойных лесов (по С.Ф. Курнаеву) [1] до настоящего времени не было.

Нами с 2007 г. ведутся исследования географических культур ели, заложенных в 1968 г. в Сущевском лесничестве Костромского лесхоза Костромской области. В 2009 г. на объекте проведены фенологические наблюдения. Также с ноября 2008 г. ежедневно фиксируется температура воздуха. Таким образом, данные позволяют провести первичный анализ температурной обусловленности роста деревьев в географических культурах.

Для характеристики фенологического развития деревьев того или иного географического происхождения нами предложен показатель – коэффициент прогресса фенологического развития. Такой показатель целесообразно использовать для характеристики протекания многоэтапного (или многофазного процесса). Для вычисления коэффициента фенологического развития фенологические фазы получают балловую оценку: 1 балл – зимний покой, 2 балла – начало сокодвижения, 3 балла – первичное набухание почки, 4 балла – предельное набухание почки, 5 баллов – разрыв чешуйчатой оболочки почки; 6 баллов – первичное развитие хвои, 7 баллов – начало роста побега (длина почки превосходит ширину в 3 и более раза). В табл. 1 приведен пример вычисления коэффициента прогресса фенологического развития (K_{np})

для 10 модельных деревьев эстонского происхождения. Его величина равна сумме баллов каждого дерева по датам наблюдений.

Так, например, 10 мая в эстонском блоке из 10 модельных деревьев 6 находились в фазе зимнего покоя, а у 4-х началось сокодвижение; 8 июня лишь два дерева не вступили в фазу интенсивного роста побега. Среднее значение K_{np} характеризует фенологические особенности провениенции в целом.

В табл. 2 приведены некоторые характеристики всех представленных на объекте исследования провениенций – запас, м³/га (M), средняя высота, м (H), средний диаметр, см (d), сумма эффективных температур, необходимая для начала массового сокодвижения, °С ($\sum t_{эф1}$), сумма эффективных температур, необходимая для массового начала интенсивного роста побегов, °С ($\sum t_{эф2}$), коэффициент прогресса фенологического развития, балл (K_{np}), а также координаты лесхозов, откуда были взяты семена для создания культур – северная широта, град. (C) и восточная долгота, град. (B). Из таблицы исключено литовское происхождение за неимением координат материнского насаждения.

Сравнивая столбцы табл. 2, содержащие суммы эффективных температур, следует отметить, что провениенции, требующие для начала сокодвижения минимального количества тепла, являются самыми мало требовательными и к количеству тепла, необходимого для начала интенсивного роста побегов. Поэтому в подобных исследованиях достаточно рассматривать показатель суммы эффективных температур применительно к какой-либо одной фенологической фазе. Разница между максимальным и минимальным значениями $\sum t_{эф1}$ составляет $447 - 272 = 175$ градусов (40%), что говорит об очень значительных различиях модельных популяций ели по отношению к теплу. Очевидно, что потребность ели в тепле находится под сильным генетическим контролем.

Фенологическое развитие деревьев эстонского происхождения

№ модельного дерева	Фенологическая фаза в баллах					
	10 мая	17 мая	24 мая	31 мая	8 июня	$K_{пр}$, балл
1	1	1	3	5	7	17
2	1	2	3	6	7	19
3	2	2	3	6	7	20
4	1	1	2	5	7	16
5	2	2	3	5	7	19
6	1	1	2	5	7	16
7	2	2	4	7	7	22
8	2	2	3	5	7	19
9	1	1	3	4	6	15
10	1	1	3	5	6	16
Среднее						17,9

Характеристики испытываемых провениенций

Происхождение		C , град.	B , град.	$K_{пр}$, балл	$\sum t_{эф1}$, °C	$\sum t_{эф2}$, °C	M , м ³ /га	H , м	d , см
субъект РФ	лесхоз/лесничество								
Костромская область	Сушевское	57,8	41	21,9	292	739	292	16,01	15,54
Татарстан	Зеленодольский	55,8	55,8	22,1	313	739	190	13,18	11,85
Брестская область	Ганцевичский	52,7	26,5	14,4	447	881	175	13,37	11,9
Брестская область	Ляховичский	53	26,5	14,4	447	881	283	15,5	14,74
Костромская область	Сушевское	57,8	41	19,2	393	758	243	13,24	11,99
Гродненская область	Слонимский	53	25,2	16,1	408	860	155	15	14,9
Костромская область	Сушевское	57,8	41	20,1	393	758	287	14,9	12,59
Витебская область	Поставский	55	26,9	17,2	408	860	232	15,51	12,69
Латвия	Даугавпилс	55,9	26,5	17	408	881	243	15,93	14,06
Новгородская область	Молвятицкий	57,2	32,4	17,1	393	827	274	15,56	13,31
Ленинградская область	Гатчинский	59,6	30,2	20,6	313	758	243	14,97	12,92
Псковская область	Псковский	57,8	28,3	19,3	335	810	313	15,69	12,86
Тверская область	Торопецкий	56,5	31,5	16,8	393	860	322	17,64	15,53
Коми	Устьвымьский	62,3	50,3	20,5	313	758	222	11,81	10,82
Карелия	Сортавальский	61,7	30,7	22,5	272	739	220	13,61	12,68
Костромская область	Судиславский	57,8	41,7	21,6	393	758	377	16,07	14,13
Пермская область	Березниковский	59,6	56,7	21,4	335	739	248	13,7	13,59
Тернопольская область	Кременецкий	50,1	25,7	22	335	739	232	14,89	13,91
Марий Эл	Сернурский	57,1	41,7	21	292	739	392	18,52	15,36
Удмуртия	Болезинский	56,8	53,2	22,8	272	719	271	16,16	16,33
Эстония	Вырусский	58,4	25,6	17,9	408	810	173	17,78	17,23

В табл. 2 прослеживается тенденция: чем севернее и восточнее находится материнское насаждение испытываемых климатипов, тем меньшая сумма эффективных температур необходима им для вступления в ту или иную фенологическую фазу. И наоборот, чем более теплообеспечены районы заготовки семян, тем позже трогаются в рост потомство, которое соответственно характеризуется относительно большой суммой эффективных температур.

По данным табл. 2 построена корреляционная матрица (табл. 3) с целью определения степени взаимообусловленности приведенных показателей и сумм эффективных температур, а также связи с географическими координатами.

Из табл. 3 следует, что показатели роста географических культур слабо связаны с географическими координатами мест заготовки семян.

Корреляционная матрица исследуемых рядов

	K_{np}	$\sum t_{\phi 1}$	$\sum t_{\phi 2}$	M	H	d
B	0,455	-0,49	-0,46	0,165	-0,172	-0,191
C	0,64	-0,54	-0,69	0,193	-0,308	-0,162
K_{np}		-0,87	-0,95	0,25	-0,121	-0,034
$\sum t_{\phi 1}$			0,818	-0,19	0,081	-0,002
$\sum t_{\phi 2}$				-0,22	0,176	0,059

Здесь наибольшая отрицательная взаимосвязь отмечается между высотой и длиной местности ($r = -0,308$), то есть существует слабая тенденция увеличения средней высоты насаждения от западных происхождений к восточным. Более сильно выражена обусловленность географических координат с суммами эффективных температур, необходимых для наступления той или иной фазы. Между этими показателями существует отрицательная связь среднего уровня, а для долготы и суммы эффективных температур, необходимой для начала роста побега, характерна сильная отрицательная взаимосвязь ($r = -0,69$) (по В.М. Шмидту) [6]. Таким образом, достоверно подтверждается: чем севернее и восточнее родина климатипа, тем меньше тепла необходимо его модельной популяции для ростовых процессов. Причем в направлении запад–восток эта тенденция выражена сильнее, чем в направлении юг–север. Между $\sum t_{\phi}$ и показателями роста культур связь практически отсутствует. Также из табл. 3 следует, что предложенный нами коэффициент прогресса фенологического развития очень сильно связан с тепловой потребностью климатипов ($r_1 = -0,87$; $r_2 = -0,95$). Следовательно, использование его при фенологических наблюдениях является оправданным.

Сравнивая корреляции всех показателей с $\sum t_{\phi 1}$ и $\sum t_{\phi 2}$, можно видеть, что $\sum t_{\phi 2}$ сильнее связана со всеми приведенными параметрами. Отсюда мы делаем вывод, что потребность в тепле на поздних стадиях фенологического развития деревьев в географических культурах более обусловлена их генотипом, чем на ранних стадиях.

Библиографический список

1. Курнаев, С.Ф. Лесорастительное районирование СССР / С.Ф. Курнаев. – М.: Наука, 1973. – 202 с.
2. Мельник, П.Г. Выявление быстрорастущих экотипов ели для целевого лесовосстановления на территории Смоленско-Московской возвышенности: дисс. ... канд. с-х наук / П.Г. Мельник. – М.: МГУЛ, 1996. – 146 с.
3. Мерзленко, М.Д. Выявление экотипов ели лучшего роста для условий Московской области / М.Д. Мерзленко // Научные труды МЛТИ. – 1989. – Вып. 210 – 92 с.
4. Пальцев, А.М. Влияние географического происхождения семян ели на ее рост: дисс. ... канд. с-х наук / А.М. Пальцев. – М.: МЛТИ, 1986. – 185 с.
5. Тарханов, С.Н. Изменчивость ели в географических культурах республики Коми / С.Н. Тарханов. – Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – 195 с.
6. Шмидт, В.М. Математические методы в ботанике: учеб. пособие / В.М. Шмидт. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. – 288 с.
7. Этверк, И.Э. Разнообразие ели обыкновенной в Эстонской ССР: автореф. дисс. ... докт. с-х наук / И.Э. Этверк. – Таллин, 1974. – 131 с.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА О ЗАЩИТНЫХ ЛЕСАХ (НА ПРИМЕРЕ МОСКВЫ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Е.И. МАЙОРОВА, *проф. каф. права МГУЛ, д-р юр. наук, канд. с.-х. наук*

caf-pravo@mgul.ac.ru

Не вызывает сомнений тот факт, что ЛК НРФ принимался для снятия с государства бремени ведения лесного хозяйства и вовлечения площадей, покрытых лесом, в

рыночный оборот. Об этом свидетельствовали поспешность, с которой принимался этот правовой нормативный акт, его недоработанность и противоречивость. Последователен

он лишь в одном: леса рассматриваются как разновидность земель, а земля согласно ЗК РФ может находиться в частной собственности. Следовательно, лесной фонд является теперь таким же предметом купли-продажи, как и земельные участки. Ст. 7 ЛК РФ вводит термин «участок лесного фонда – земельный участок, границы которого определяются в соответствии со ст.ст. 67, 69, 92 Кодекса».

Понятие «городские леса» не было определено должным образом в ЛК РФ 1997 г. Напрасно было бы искать дефиницию городских лесов и в пришедшем ему на смену ЛК-2006. В ранее действующем ЛК городские леса определялись как «леса, расположенные на территории городского образования», в новом – определение и вовсе отсутствует. Обновленный ЛК изобилует новыми терминами и понятиями: лесной план, лесохозяйственный регламент лесничеств, освоение лесов и т. д., но понятие «городские леса» снова не получило должного объяснения. Термин «городские леса» встречается в ЛК несколько раз, впервые в ст. 23, потом в ст. 102, которая перечисляет категории защитных лесов (ч.2 п. «г»). Итак, городские леса – это защитные леса. Что же следует понимать под защитными лесами? Ответ на этот вопрос дает ст. 10 ЛК, согласно которой леса, расположенные на землях лесного фонда, по целевому назначению подразделяются на защитные, эксплуатационные и резервные. Леса, расположенные на землях иных категорий, могут быть отнесены к защитным лесам.

В тексте статьи имеется некая двойственность: леса могут быть, а могут и не быть отнесены к данной категории. То есть леса, расположенные на территории города, могут не быть отнесены к категории защитных? Тогда к какой же категории их следует отнести: резервным или эксплуатационным? Такое заявление законодателя внушает опасения за судьбу защитных насаждений.

Разъяснения, которые дает Комментарий к ЛК под редакцией Н.В. Комаровой и В.П. Рощупкина, не столько проясняют, сколько затемняют картину. «В составе земель иных категорий потребуется определить защитные леса. В данном случае речь идет не о лесах, а о землях, поскольку технология ус-

тановления границ применима только к землям».

В России издавна считалось, что указание на защитность лесов подразумевает необходимость их безусловного сохранения в целях государственной или общественной пользы. Именно с этой целью данная категория насаждений была введена специальным лесоохранным законом в 1888 г. Сокращение количества таких лесов, то есть территорий, на которых возможна рекреация, ведет к прямому ухудшению условий жизни населения.

ЗК РФ требует в приоритетном порядке сохранения земель, на которых располагаются защитные леса. Согласно ЗК, защитные леса подлежат особой охране, поскольку их основным назначением является выполнение средообразующих, водоохраных, рекреационных, санитарно-гигиенических, оздоровительных и иных подобных функций.

Неопределенность трактовки вызвала к жизни приказ Федерального агентства ЛХ от 19 декабря 2007 № 498 «Об отнесении лесов к защитным, эксплуатационным и резервным лесам», который в полном объеме возвратил защитным лесам границы бывших лесов первой группы, включая запретные полосы, которые теперь также отнесены к защитным лесам. Кроме того, дополнительно выделяется такая категория защитности, как водоохраные зоны.

С другой стороны, согласно ч.4 ст. 12 ЛК РФ, защитные леса подлежат также освоению в целях сохранения их полезных функций. При этом правовой режим конкретно городских лесов не определен.

Правовой режим – это целевое назначение, которое определяется на основе принадлежности к определенному виду и разрешенному использованию в соответствии с лесохозяйственными регламентами.

Правовой режим городских лесов устанавливается нормами ЛК РФ, ЗК РФ, Градостроительного кодекса РФ, ФЗ от 6 октября 2003 г. «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» (в ред. от 29 декабря 2006 г.). Однако сведения, касающиеся правового режима городских лесов, не сведены в отдельные ста-

ть, а разбросаны по всему тексту законов. На городские леса сохранилось право государственной и муниципальной собственности, что в определенной степени охраняло их от посягательств застройщиков – бича зеленых насаждений в городах и пригородных зонах в особо живописных и привлекательных участках лесов.

Невольно возникало ощущение, что законодатель упустил этот момент и случайно забыл дать «зеленый свет» на распродажу защитных лесов. Учитывая, что ЛК за 2 года менялся уже 5 раз, следовало ожидать внесения новых изменений, в том числе в статьи, посвященные лесопаркам и зеленым зонам поселений, составной частью которых и являются городские леса.

11 февраля 2009 г. Госдума приняла одновременно во втором и третьем (окончательном) слушании поправки к ЛК. Во втором чтении законопроект рассматривался повторно – в связи с тем, что со времени его предыдущего принятия во втором чтении (24 декабря 2008) в него были внесены существенные изменения.

Действительно, изменения грозили серьезно затронуть земли лесопарков и зеленых зон крупных городов, в частности Москвы и ее пригородных лесов, частично расположенных в Московской области.

Экологическая общественность обратилась к президенту Российской Федерации Д.А. Медведеву с просьбой отменить поправки, губительные для городских и пригородных зеленых насаждений, ухудшающие состояние окружающей среды. Но пока Гринпис России приводил свои доводы, Президент подписал федеральный закон от 14 марта 2009 № 32-ФЗ «О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации». Этим законом из земельного кодекса было исключено понятие «лесопарки»; теперь это «лесопарковые зоны и зеленые зоны». Просматривается очевидная аналогия с плавным переходом понятия «лес» в новый термин «лесной участок». Казалось бы, почти одно и то же, но лесной участок – это уже территория, земля, а не столь близкие сердцу россиянина рощи и дубравы. Также и лесопарк – это

деревья, подрост, подлесок, разнотравье; а лесопарковая зона – опять-таки всего лишь территория, которая может быть, а может и не быть покрыта древесной и кустарниковой растительностью.

Принятым законом в защитных лесах разрешаются сплошные рубки – правда, в исключительных случаях и по постановлению Правительства РФ. Разумеется, разрешены и выборочные рубки. Далее законодатель запрещает в этих лесах многие виды деятельности. Что же разрешается? Возведение ограждений, сенокосение, пчеловодство, строительство гидротехнических сооружений (например, гидроэлектростанций), линий связи, линий электропередачи, подземных трубопроводов, разработка месторождений полезных ископаемых (в отношении которых лицензии на пользование недрами получены до введения в действие ЛК РФ) и, наконец, лесные участки могут предоставляться гражданам в безвозмездное срочное пользование в виде служебных наделов.

Результат преобразований подытожил Гринпис: внесение последними поправками в ЛК изменений в ст. ст. 86 и 98 ЗК РФ и в ст. 11 ФЗ «О переводе земель или земельных участков из одной категории в другую» допускает неограниченный перевод земель лесопарков и зеленых зон поселений и хозяйственных объектов в земли иных категорий. Фактически это означает ликвидацию особого защитного статуса лесопарков, поскольку основной угрозой их существования является именно растрата земель под самые разнообразные нужды. А ликвидация особо защитного статуса лесопарков неминуемо приведет к нарушению конституционного права граждан РФ на благоприятную окружающую среду.

Поправки в ЛК РФ, по мнению многих, явились следствием протестных явлений в защиту Химкинского леса. Они были пролоббированы некоей стороной, кровно заинтересованной в строительстве автобана и мощной дорожной инфраструктуры. Ростехнадзор дал положительное заключение по строительству, указав, что принятые технические решения соответствуют требованиям природоохранного законодательства Российской Федерации. Строительство вы-

сокоскоростной магистрали Москва-Санкт-Петербург шириной 500 м с полосой обеспечения по 3 км в обе стороны запланировано осуществить через Химкинский лес, что его просто уничтожит. Лес, являвшийся отрадой москвичей, называемый вторыми легкими двенадцатимиллионного мегаполиса, приговорен. Более того, сведение пригородных лесов согласно поправкам в ЛК может начаться по всей стране.

Леса Московской области, согласно ее Лесному плану [1], занимают площадь 2203 тыс.га. В соответствии с ЛК РФ все эти леса относятся к категории защитных, причем 82 % лесов, находящихся в ведении государственных органов управления, отнесено к зеленой, а 30 % из них – к лесопарковой зонам. Согласно приказу Рослесхоза от 12 января 2009 № 1 управление этими лесами осуществляет 19 лесничеств, являющихся обособленными структурными подразделениями. Подмосковная лесная земля – одна из самых дорогих в мире, поэтому пригородные территории, ранее используемые для рекреации, стремительно уменьшаются [2].

Мэр Москвы, который не особенно щадит московские парки и скверы, направил в Генпрокуратуру запрос о том, куда исчезли в Подмосковье за 10 прошедших лет 87, 6 тыс. га лесов, что равно примерно площади Москвы (2.09.09 Арбитражным судом г. Москвы отказано в удовлетворении требований о признании недействительным приказа ФА ЛХ от 29.12.2008 № 433 «Об утверждении Лесного плана Московской области на 2009–2017 гг.»). По скорости разбазаривания лесных земель Московская область не имеет себе равных в России – сообщает лесной форум Гринпис России. Значительные площади лесов исчезают ежегодно в результате застройки (легальной или самовольной) и прокладки коммуникаций. Точной информацией о том, сколько лесов, кому и под какие цели было передано в Московской области в последние 10 лет, не обладает, наверно, никто [3].

В соответствии с ч.1 ст. 3 ФЗ «О введении в действие Градостроительного кодекса Российской Федерации», начиная с 1 января 2008 г. органы государственной власти, ОМС не могут проводить операции с земельными

участками без утвержденных схем территориального планирования. Однако эти требования не более чем абстракция [4].

Лесной план Московской области создает условия для массовой застройки лесов, в первую очередь в районах, непосредственно примыкающих к городу Москве [5]. Застройка расположенных на московских окраинах городских лесов смыкается с масштабным строительством на границах области. Леса исчезают с перспективных планов развития подмосковных городов. «Схема территориального планирования Московской области – основные положения градостроительного развития», утвержденная постановлением Правительства Московской области от 11 июля 2007 № 517/23, не только предполагает вырубку Химкинского леса для прокладки трассы Москва–С-Петербург. Лесной план не препятствует застройке особо охраняемых природных территорий, не учитывает категорию защитных лесов, статус заповедных лесных участков, выделенных до введения в действие нового ЛК РФ. Примером тому служит уничтожение части Национального парка «Лосиный остров» в Балашихинском районе, насаждений Серебряного Бора и многое другое [6].

Под ударом оказались и особо охраняемые природные территории (ООПТ).

Комитет Госдумы по природным ресурсам инициировал, а МПР подготовило законопроект № 97705-5 «О внесении изменений в ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях и некоторые законодательные акты РФ». МПР предлагает внести поправки, угрожающие самому существованию ООПТ. Это первый в истории России случай, когда предложение узаконить вовлечение заповедников и национальных парков в интенсивную хозяйственную деятельность исходит непосредственно от органа, призванного охранять ООПТ.

Поправки позволяют федеральным органам исполнительной власти, в ведении которых находятся государственные природные биосферные заповедники, принимать решения о выделении в их границах и в границах любых других заповедников тоже так называемые «биосферные полигоны». Также

предлагается дополнить ст.10 Закона пунктом, согласно которому в целях организации деятельности, соответствующей режиму особой охраны территории биосферного полигона, земельные участки в его границах могут предоставляться в аренду гражданам и юридическим лицам. Фактически это означает, что любая часть биосферного заповедника может быть объявлена биосферным полигоном и сдана в аренду. При этом режим биосферного полигона законом не устанавливается, и поэтому в его границах может быть реализована практически любая хозяйственная деятельность. Предусматриваемые поправки не предполагают даже проведения экологической экспертизы подобных решений.

В случае принятия поправок результат несложно предугадать: это деградация территорий почти всего заповедного фонда – неприкосновенного запаса будущих поколений.

Внесение поправок ударит и по городским лесам, которые, согласно законодательству, являются городскими ООПТ.

Похоже, что положение с рекреационными территориями в Московской области вышло из-под контроля [6].

21 мая 2009 г. в Рослесхозе состоялось первое заседание рабочей группы по подготовке предложений о внесении изменений в Лесной план Московской области. Рабочая группа была создана на основании приказов Рослесхоза от 10 апреля 2009 № 139 и от 29 апреля 2009 № 170 по замечаниям, связанным с неточным и неверным отражением в

Лесном плане ряда ООПТ, заповедных лесных участков, отсутствием границ категорий лесов, запланированным использованием ЛПЗП Москвы и ряда других особо важных для рекреационной деятельности, допускающей возможность застройки лесов. Были определены желательные меры по исправлению ошибок и неточностей, касающихся границ и режимов ООПТ и заповедных лесных участков; обсуждался вопрос о проектируемых ООПТ. Однако никакого решения по данному вопросу принято не было.

Принятие законодательных актов, если не о восстановлении, то хотя бы сохранении оставшихся рекреационных лесов, необходимо. Вместе с пригородными лесами, берегами водоемов, скверами и парками люди теряют не только здоровье, но и сакральное ощущение свободы, без которого лишается смысла сама жизнь [7].

Библиографический список

1. Приказ Рослесхоза от 29 декабря 2008 № 433 «Об утверждении Лесного плана Московской области на 2009–2017 гг».
2. Независимая газета, № 118, 29.5.2009.
3. Щелковчанка, № 27, 17-23.06.2009.
4. Полухина, Ю. Рублевка наступает на Москву / Ю. Полухина // Новая газета. – 5.08.2009. – № 59.
5. Лысенко, В. Особый статус лесов требует особого отношения / В. Лысенко // Лесная газета. – 28.03.09. – № 24.
6. «На территории Серебряного Бора...» / Зеленый мир, № 13–14, 2009, С. 9.
7. Полухин, А. Продажа элитных подмосковных лесов / А. Полухин // Лесная газета. – 19.4.2008. – № 30.

ПАРКИ САНАТОРИЕВ И КУРОРТОВ РОССИИ (НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ОБЛАСТЕЙ)

В.В. КРУГЛЯК, доц. каф. ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства ВГЛТА, канд. с.-х. наук

kruglyak_vl@mail.ru

Лечебно-оздоровительные парки, а также сады санаториев, домов отдыха, больниц и курортов рассматриваются как лечебницы под открытым небом. Главная задача санатория – создать наиболее благоприятную для больных и отдыхающих психоэмоциональную, гигиеническую и микроклиматическую

среду. Особенностью этого типа парка является, наряду с обязательным сохранением общего природного фона для отдыха, рассмотрение возможности проведения всех необходимых процедур, физкультурных занятий с разной степенью нагрузки на организм, а также создание благоприятной обстановки

для свободного повседневного общения отдыхающего. Санаторий (от лат. Sano – лечу, исцеляю), лечебно-профилактическое учреждение для лечения преимущественно природными (климат, минеральные воды, грязи) и физиотерапевтическими средствами, диетой и режимом [3].

В зависимости от того, какими природными лечебными факторами располагают курорты, их разделяют на три основных типа: бальнеологические, грязевые и климатические. Многие курорты обладают несколькими природными лечебными факторами и соответственно называются бальнеогрязевыми, бальнеоклиматическими, климатическими.

Основными объектами исследований были выбраны пять наиболее известных и крупных санаториев расположенных в Воронежской, Курской, Липецкой и Тамбовской областях. Эти санатории располагаются на территории крупных парковых массивов с развитой инфраструктурой. Данные парковые территории являются объектами ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства. Центральная усадьба Воронежского государственного природного биосферного заповедника (ВГПБЗ) взята как эталонный объект.

При проведении комплекса исследований на парковых территориях санаториев и ВГПБЗ применена методика «БИОТЕСТ», разработанная в институте биологии развития РАН. Биометрические и таксационные показатели насаждений определяли по общепринятым методикам в биологической науке и практике. Статистическая обработка данных проводилась методами математической статистики, математической обработки данных, полевого опыта. В процессе работы с использованием компьютерных технологий в качестве программного обеспечения использовалась программа и приложения: Microsoft Office Excel 2003.

Воронежские санатории и пансионаты стали здравницами всероссийского значения, это подтверждается географией отдыхающих, которые приезжают из разных регионов России. Почти во всех воронежских санаториях и пансионатах применяется лечение собственной минеральной водой, добываемой из пробуренных на их территориях скважин.

Активный отдых вместе с уникальным лечением собственной минеральной водой – залог дополнительного здоровья [8].

Вскоре после основания г. Воронежа, в период между 1590–1600 гг., появляется село Чертовицкое. В конце 17 века по велению Петра I в Чертовицах была построена верфь [7]. Владельцам данной земли были И.С. Тургенев, А.А. Хитров, И.И. Толстой, где и были построены корпуса современного пансионата им. Ф.Э. Дзержинского. Пансионат им. Дзержинского расположен в живописном старинном парке на берегу реки Воронеж в 28 км от г. Воронежа. Лечебная база пансионата с современным оборудованием, широкой гаммой методик, результативным сочетанием природных и лечебных составляющих оздоровительного процесса для детей и взрослых [6]. В пределах санатория выделено 9 специализированных частей, предназначенных для различных видов пользования: места тихого отдыха и прогулок, детская игровая зона, спортивная, хозяйственная, мемориальная, административная, зона обслуживания, культурно-просветительская и зона культурно-массовых мероприятий. Значительную часть парка занимают насаждения естественного характера с развитой сетью прогулочных дорог [2].

Характеристика лесного массива санатория приведена в табл 1.

Лесной массив, расположенный в западной части санатория им. Дзержинского, имеет площадь 5,45 га. Благоустроенный лес для свободного кратковременного отдыха, приведенный путем постепенной реконструкции в определенную ландшафтно-планировочную систему, является комплексом, сочетающим рекреационные, архитектурно-художественные, санитарно-гигиенические, познавательные и лесохозяйственные функции. Современное состояние древесной и кустарниковой растительности, включая интродуценты является удовлетворительным.

Изучением великолепных парковых комплексов Курской области занимались разные авторы, среди которых можно выделить С.И. Федорова и Е.В. Холодову. Усадьба «Марьино» возникла в начале XIX века на землях старинного с. Ивановского, с которым ее соединяет аллея вековых деревьев и общая история.

Т а б л и ц а 1

Баланс территории лесного массива санатория им. Ф. Э. Дзержинского

Наименование территории	Состав насаждения	Площадь участка		% от общей площади
		га	%	
Лесной массив	5Лп4Кл1Яс	0,15	3,2	
	6Кл4Д	1,53	32,7	
	9Д1Кл	3,00	64,1	
		4,68	100	85,9
Садовый участок	10Яб	0,20	100	3,7
Спортивная поляна		0,17	100	3,1
Дорожно-тропиночная сеть в т.ч.				
	– главные	0,32		
	– второстепенные	0,07		
	– тропинки	0,01		
Всего		0,40	100	7,3
Итого		5,45		100

Т а б л и ц а 2

Распределение площадей санатория «Моква» по категориям земель

Категория земель	Площадь	
	га	%
Древесная растительность	41,394	39,18
Кустарниковая растительность	2,076	1,96
Открытые пространства	15,729	14,89
Угодья	29,963	28,38
Водные пространства	6,128	5,80
Земли специального назначения	5,755	5,45
Неудобные земли	4,084	3,86
Заболоченные земли	0,506	0,48
Итого	105,655	100,00

В 1703 г. курские земли Рыльского, Львовского и Путильского уездов были пожалованы Петром I гетману Украины И.С. Мазепе (1644–1709 гг.). Дворцово-парковый ансамбль «Марьино» был построен во втором десятилетии XIX в. и занял видное место в ряду великолепных загородных дворянских усадеб России. Композиционная ось ансамбля проходит через широкую въездную аллею, ведущую из села Ивановское в Марьино, пересекает парадный двор, дом-дворец, Марьинский пруд и пейзажный парк западнее Эрмитажного пруда. Дворец был построен в соответствии с проектом (1811–1812 гг.) курского архитектора Карла Ивановича Гофмана в 1820 г. [10].

Дворцово-парковый ансамбль «Марьино» может служить типичным примером вели-

колепных дворцов и обширных парков, которое сооружали для себя богатые помещики и придворные России на рубеже XVIII–XIX веков, когда усадебное строительство приобрело широкий размах. Дворцово-парковый ансамбль «Марьино» был создан в исключительно короткие сроки, по единому архитектурному замыслу и под единовластным руководством европейски образованного, всесильного и очень богатого владельца. Марьинский дворец – блестящий образец триумфальных памятников эпохи русского классицизма. Сооружения дворца, парк и пруд представляют собой неразрывное целое. В общем виде планировка парка сводилась к двум основным композиционным приемам: ландшафтному, или пейзажному, и регулярному. В марьинском парке удачно сочетаются оба эти приема. Непосредственно около дворца парк имеет геометрически правильную – «регулярную» планировку с широкими и прямыми аллеями, симметрично расположенными парковыми сооружениями и посадками, цветниками и подстриженными деревьями, с широкой каменной лестницей, спускающейся к пруду.

Далее начинается пейзажная часть парка, которая отличается свободной планировкой аллей и дорожек, огибающих живописные берега пруда, холмы и лужайки. В восточной части большая площадь занята старовозрастными лиственными деревьями. Усадьба «Марьино» занимает площадь 150 га, из которых 67 га находится под кошарами. На парк, пруд и дворцовые сооружения приходится 83 га. Этот огромный парк был посажен и выращен крепостными крестьянами на их пахотной земле. Пруд сооружали крепостные крестьяне всех окрестных сел, принадлежащих князю.

В письмах князя до 1818 г. часто упоминается марьинский садовник Джон Броун, а с 1818 по 1825 год производилась оживленная переписка с садовниками Никитского сада в Ялте, Кишинева, Харькова, Москвы, Санкт-Петербурга, Веймара, Александрии. Марьинский дворцово-парковый ансамбль восстановлен после войны 1941–1945 гг. и является одним из лучших санаториев России.

Парк-усадьба санатория «Моква» является памятником истории и культуры Рос-

сии. Это один из интереснейших объектов не только в окрестностях г. Курска, но и на территории центрально-черноземных областей. Дом, парк и другие постройки создавались в Мокве в конце XVIII – первой четверти XIX в. В 1811 г. Аркадий Иванович Нелидов прибыл в Курскую губернию в качестве губернатора и хозяина усадьбы. В усадьбе Моква была система прудов и оранжерея. Моква имеет значительные сходства с подмосковной усадьбой Марфино [9].

На территории санатория «Моква» выделено 8 категорий земель. Наибольшую площадь занимает древесная и кустарниковая растительность – 41,14 %, угодья занимают – 28,38 %, открытые пространства – 14,89 %.

Анализ исторических сведений и баланс современных площадей санатория «Моква» позволяет констатировать следующее:

- площадь водных пространств уменьшилась (утрачен нижний пруд);
- увеличилась площадь угодий (садов и полей);
- уменьшилась общая площадь усадьбы с 630 га до 105,655 га.;
- состояние древесной и кустарниковой растительности удовлетворительное.

Среди многочисленных памятников истории и культуры Липецкой области особое место занимает Нижний парк г. Липецка [5]. Основой создания и дальнейшего развития Нижнего парка в Липецке послужили целебные источники, открытые царем Петром I во времена Азовских походов. Настойчивые требования высших кругов знати вынудили царское правительство принять решение об открытии курорта «Липецкие минеральные воды». 25 апреля (8 мая) 1805 года царь Александр I подписывает указ об открытии курорта в Липецке. 19 июля 1805 г. утверждается генеральный план застройки города и курорта.

Началось активное строительство каменных корпусов Липецкого курорта, вокруг которых и закладывается одновременно «Английский сад», положивший начало Нижнему парку. «Английский сад» разбивается под влиянием проектов знаменитого русского архитектора и паркостроителя Андрея Никифоровича Воронихина и обносится каменным забором. Однако слово «английский» в народе

не прижилось, поскольку, кроме «Английского сада», в ведении курорта было еще два «Верхних сада»: один – на Воронежской горе, второй – на Монастырской горе по улице Дворянской. Оба «Верхних сада» представляли собой естественные дубовые рощи, которые были благоустроены аллеями, площадками для отдыха, газонами и цветочными клумбами.

Все три сада относились к единому комплексу Липецкого курорта. Два так и назывались «Верхними садами» поскольку они располагались на возвышенностях, а «Английский сад» находился непосредственно вокруг зданий и сооружений курорта у подножия холма, в долине рек Липовки и Воронежа, в народе его стали называть «Нижним». Создание Нижнего парка требовало от паркостроителей большого труда, профессиональных знаний и длительного времени. С учетом низменного местоположения парка высаживались деревья, не боящиеся влаги. В парке устраивались не только аллеи, но и площадки для отдыха с декоративными беседками и садовыми скамейками, разбивались великолепные клумбы и зеленые лужайки.

Через реку Липовку были перекинуты ажурные деревянные мостики. Главная аллея регулярно посыпалась желтым песком и потому называлась «Золотой аллеей». В Нижнем саду работали ресторан и «кофейня». За посещение сада взималась плата и являлась одним из главных доходов курорта. В Нижнем парке располагались источники минеральной воды, строения для приема ванн, павильоны для развлечений. В благоустройство парков вкладывались немалые деньги. Вся территория Нижнего парка была обнесена высоким художественного литья чугунным забором. В настоящее время Нижний парк является неотъемлемой частью Липецкого курорта и любимым местом отдыха жителей и гостей города. Ассортимент древесной и кустарниковой растительности, цветочное оформление и благоустройство территории санатория соответствует требованиям высшей категории.

Парковые комплексы на территории Тамбовской области представлены многими объектами, особое место среди которых занимает усадьба М.В. Асеева. Роскошная усадьба, удобно расположенная на высоком берегу Цны вдали от городской суеты, и ныне является одним из великолепнейших мест Тамбова.

Пышный белоснежный дворец, окруженный старым парком с тихими причудливыми аллеями, величественно смотрится на фоне многоэтажной застройки. В недавнем прошлом эта жемчужина принадлежала крупнейшему тамбовскому фабриканту Михаилу Васильевичу Асееву, выходцу из моршанских крепостных крестьян. В 1906 г. владелец приступает к благоустройству усадьбы. Около особняка был заложен в 1906–1907 гг. парк с большим ассортиментом древесных и кустарниковых растений как местного, так и интродуцированного происхождения. В 1918 г. во дворце разместили колонию для детей беднейших граждан. В 1922 г. здесь был организован детский приют, с 1926 г. это дом отдыха, в 1931 г. передан курортному управлению. В годы войны (1941–1945 гг.) этот комплекс использовали как госпитальную базу Красной армии. В послевоенные годы и до настоящего времени он используется как кардиологический санаторий [1]. В центре парка растет самое большое дерево – старинный дуб. Этот дуб – патриарх. Он старше самого Тамбова. Это символ истории Тамбовского края [4]. Первоначально парк был спланирован в регулярном стиле. В настоящее время планировка парка, в связи с новыми постройками, приобрела комбинированный характер. На территории парка показаны 4 схемы пешеходного движения. Малые архитектурные формы, удобная дорожно-тропиночная сеть и цветочное оформление умело сочетаются и имеют ухоженный вид. Состояние древесной и кустарниковой растительности на территории парка удовлетворительное.

Биоиндикация, экологическое нормирование антропогенных воздействий, интегральная биологическая оценка качества среды «БИОТЕСТ», эти методы направлены на получение заключения о качестве среды с применением различных подходов (физические, химические, социальные), наиболее эффективной является биологическая оценка. БИОТЕСТ – интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов. В глобальной системе мониторинга окружающей среды ведущая роль отводится биосферным заповедникам, где получают фоновые значения параметров среды. Эти заповедники располагаются таким образом, что на динамику состояния их природных

комплексов не оказывают влияния локальные источники загрязнений.

Экосистемы биосферных заповедников характеризуются как типичные для данной ландшафтно-географической зоны и отличаются минимальной антропогенной нарушенностью. В соответствии с этим все параметры биоты заповедника (биоразнообразия, популяционные и организменные характеристики) могут приниматься за норму в регионе. Флуктуирующая асимметрия представляет собой незначительные ненаправленные отклонения в строении тех или иных билатеральных структур от строгой симметрии. Объектом исследования выбрана береза повислая. Широко распространена, произрастает в разнообразных биотопах. Оценка состояния березы повислой проводили по методике биотестирования (табл. 3).

Для определения степени нарушения гомеостаза развития использована шкала балльной оценки стабильности развития березы повислой, разработанная в институте биологии развития РАН на основе изучения изменений интегрального показателя асимметрии в зависимости от условий среды (табл. 4).

Т а б л и ц а 3 .

Величина интегрального показателя стабильности развития в выборках березы повислой

Место взятия проб	Интегральный показатель
Санаторий им. Ф. Э. Дзержинского	0,041 ⁺ – 0,0023
Санаторий Марьино	0,040 ⁺ – 0,0018
Санаторий Моква	0,043 ⁺ – 0,0019
Санаторий Липецкий	0,041 ⁺ – 0,0024
Санаторий Тамбовский	0,042 ⁺ – 0,0020
Воронежский государственный природный биосферный заповедник ВГПБЗ, Центральная усадьба	0,040 ⁺ – 0,0028

Т а б л и ц а 4

Шкала балльной оценки стабильности развития

Величина интегрального показателя	Баллы
до 0,040	1 (условная норма)
0,040-0,044	2
0,045-0,049	3
0,050-0,054	4
выше 0,054	5 (критическое состояние)

Величина интегрального показателя стабильности развития в выборках березы повислой на территории всех пяти санаториев и ВГ-ПБЗ соответствует норме. Территории парков санаториев являются здоровыми экосистемами, и состояние среды не вызывает опасений.

Лечебные процедуры на воздухе и воде совместно с научно обоснованными на основании современных методик оздоровительной физкультуры есть самые главные принципы создания существующих общеоздоровительных парков, или парков лечебной физкультуры и климотерапии (ЛФК). Номенклатура сооружений на территории данных парков может включать спортивные залы с комплексами уникальных тренажеров, плавательные бассейны различного функционального назначения с использованием минеральной воды, спортивные площадки, площадки лечебной и оздоровительной физкультуры, солярии, аэрации, площадки ионотерапии, терренкуры, велодороги, участки для езды на лошадях. Круглогодичное использование данных объектов предусматривает расширение видов занятий и номенклатуры сооружений.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Парки санаториев и курортов России являются уникальными памятниками, созданными на протяжении многих десятилетий, сохранение, восстановление, реконструкция и реставрация которых является важнейшим региональным и государственным делом.

2. Экологическая устойчивость парковых комплексов санаториев и курортов России (на примере центрально-черноземных областей) определяется уникальными климатическими ресурсами, дендрологическим составом как местных, так и интродуцированных растений, живописными природными ландшафтами, минеральными источниками, лечебными грязями и достаточно квалифицированным уходом за садово-парковыми насаждениями и газонами.

3. Важнейшей особенностью парковых комплексов санаториев и курортов является то, что наряду с обязательным сохранением общего природного фона и созданием новых объектов садово-паркового дизайна и цветочного оформления для отдыха необходимо предусмотреть возможность проведения всех процедур, физ-

культурных занятий с разной степенью нагрузки на организм, а также создать благоприятную обстановку для свободного повседневного общения отдыхающих круглогодично.

4. Парки санаториев и курортов России сочетают в себе традиционные приемы организации ландшафта, выработанные русскими паркостроителями, объединенные с принципами и стадиями развития как европейского, так и мирового садово-паркового и ландшафтного строительства.

5. Территории парков пяти санаториев Центрального Черноземья и экосистемы Воронежского заповедника (ВГПБЗ) находятся в здоровом состоянии. На данных территориях не обнаружено значимых отклонений в стабильности развития величины интегрального показателя в выборках березы повислой.

Библиографический список

1. Горелов, А.А. Тамбов. Справочник – путеводитель (юго-восточная часть) / А.А. Горелов, Е.К. Щукин. – Тамбов: ОГУП «Пролетарский светоч», 2003. – 248 с.
2. Кругляк, В.В. Зональные особенности паркостроения. Часть I. Санаторий им. Ф.Э. Дзержинского: учебное пособие / В.В. Кругляк, Е.И. Гурьева. – Воронеж: ВГЛТА, 2004. – 64 с.
3. Кругляк, В.В. Лесные и лесостепные ландшафты парковых комплексов санаториев Центрального Черноземья. Изучение и сохранение природных экосистем заповедников лесостепной зоны // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Центрально-Черноземного заповедника (пос. Заповедный, Курская область, 22-26 мая 2005 г.) / В.В. Кругляк. – Курск, 2005. – С. 37–40.
4. Кученкова, В.А. Асеевы / В.А. Кученкова. – Тамбов: Изд-во «Пролетарский светоч», 2001. – 82 с.
5. Липецкая энциклопедия. Том II. – Липецк: ГУП Липецкое издательство, 2000. – 480 с.
6. Пансионат им. Ф.Э. Дзержинского/Рекламно-изд. отдел УМУ курортов профсоюзов. – М.: Внешторгиздат, 1990. – 20 с.
7. Прохоров, В.А. Вся Воронежская земля. Краткий историко-топонимический словарь / В.А. Прохоров. – Воронеж: Центр.-Чернозем. кн. изд-во, 1973. – 342 с.
8. Прудковский, П. Курорты, санатории и дома отдыха Воронежской области / П. Прудковский. – Воронеж: Облиздат, 1952. – 56 с.
9. Русские провинциальные усадьбы / Сост. Р.В. Андреева, Л.Ф. Попова. – Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 2001. – 496 с.
10. Федоров, С.И. «Марьино» князей Барятинских. История усадьбы и ее владельцев / С.И. Федоров. – Курск: Изд-во «Крона», 1994. – 224 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ЭСТЕТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗ СОСТОЯНИЯ НАСАЖДЕНИЙ В БОТАНИЧЕСКИХ ЭКСПОЗИЦИЯХ (НА ПРИМЕРЕ ЭКСПОЗИЦИЙ ДЕНДРАРИЯ ГБС РАН)

А.В. КОТОВА, *асп. каф. ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства МГУЛ*

kot_anyuta@mail.ru

Озелененное пространство любого типа полифункционально, и чем больше функций оно выполняет, тем важнее его роль в системе озеленения. Каждый элемент городской системы озеленения защищает от транспортного и других шумов, выхлопных газов и пыли, регулирует влажностный, температурный и ветровой режимы, участвует в формировании эстетического и художественного облика города.

Зеленые насаждения делятся на три основных типа: общего, ограниченного пользования и специального назначения. Все типы зеленых насаждений города имеют эстетическую ценность, поскольку являются результатами творческой деятельности человека. Эстетика занимает одно из ведущих мест в системе факторов, формирующих рекреационный ландшафт.

К рекреационным ландшафтам относятся и ботанические сады, одной из основных задач которых является разработка наиболее эффективных методов выявления и использования декоративных свойств растений для практики озеленения. Ботанический сад, являясь территорией специального назначения, используется не только в научных, но и в просветительских целях, поэтому эстетический облик насаждений очень важен при формировании или реконструкции экспозиций сада.

Существует множество методик и шкал, позволяющих оценить эстетический облик насаждения, определить эстетическую ценность ландшафта и других искусственно созданных фитоценозов. Однако большая их часть применима лишь для оценки лесов, лесопарков, скверов, бульваров и других зеленых насаждений общего пользования [1, 3, 4, 6]. В связи с этим возникла необходимость в разработке методики оценки эстетических свойств ботанических экспозиций в ботанических садах.

За основу были взяты несколько шкал:

- оценка лесного массива, предназначенного для организации в нем лесопарка или другого объекта рекреационного назначения [3];
- шкала эстетической оценки лесных участков [4];
- шкала оценки искусственных фитоценозов (урбанофитоценозов) [6];
- шкала добротности [2].

Оценка лесного массива, предназначенного для организации в нем лесопарка или другого объекта рекреационного назначения, позволяет оценить лесной ландшафт, степень и характер его посещаемости в процессе отдыха; его компоненты; отдельные насаждения, отдельные деревья и кустарники. Данная оценка включает следующие показатели: группы, серии и типы существующих и проектируемых лесопарковых ландшафтов, рекреационную оценку, категории санитарно-гигиенической оценки, классы оценки эстетических свойств ландшафтов, классы устойчивости, оценку просматриваемости, характеристику крон и сомкнутость полога, оценку стадий рекреационной дигрессии, запас зеленой биомассы на 1 га [3].

Пряхин, Николаенко [4] предлагают шкалу эстетической оценки лесных участков с учетом влажности почвы, глубины видимости, широты обзора и удобства передвижения человека; степени расчлененности, контрастности и красочности; средней ширины открытого участка; живописности конфигурации открытых участков; характера рельефа и поверхности; качества травяного покрова, древесной и кустарниковой растительности, произрастающей на открытом участке.

Голосова [6] разработала шкалу оценки искусственных фитоценозов (урбанофитоценозов), позволяющую рассчитывать оптимальную структуру проектируемых на-

саждений, состав и характер ярусов, и потребность в растительном материале для каждого из них. Использование данной шкалы позволяет создавать насаждения с повышенным санитарно-гигиеническим эффектом и художественной выразительностью. Основными показателями являются: ярусность; видовое разнообразие; густота древостоя; сомкнутость древесного и кустарникового полог; возраст эдификатора; сомкнутость травяного покрова; фитомелиоративные возможности насаждений; энтомо-, фитоповреждения; состояние садовых дорожек; колорит насаждений; использование воды; малые архитектурные формы.

Для объективного определения качества растений используется пятибалльная шкала добротности [2], где к I классу относятся деревья здоровые, хорошо растущие, не имеющие изъянов в декоративном отношении, а к V – деревья с явными признаками отмирания, требующие удаления в течение пяти лет. Предлагаемое прогнозирование состояния растений особенно важно при сохранении коллекционных экземпляров, являющихся основой научных исследований в ботанических садах.

При обработке вышеперечисленных шкал были выделены основные показатели оценки, с возможностью применения их для ботанических экспозиций.

К таким показателям можно отнести:

- красочность (определяет в насаждениях наличие относительно ярко окрашенных элементов и характер их размещения в пространстве);
- контрастность (определяет ландшафтно-декоративные свойства насаждений);
- оценку стадий рекреационной дигрессии;
- сомкнутость древесного полога (отношение суммы площадей горизонтальных проекций крон деревьев к общей площади участка);
- энтомо-, фитоповреждения;
- добротность (качество).

Более подробный анализ вышеперечисленных показателей позволил скорректировать их применительно к оценке ботанических экспозиций. Нами были модифицированы такие

показатели, как красочность, контрастность, оценка стадий рекреационной дигрессии и энтомо-, фитоповреждения, добротность.

По нашему мнению, обследование ботанических экспозиций (дендрария) должно осуществляться в два этапа: оценка каждого растения в частности и оценка насаждений в целом.

Поскольку любое насаждение представлено древесно-кустарниковой растительностью разного состояния и качества, определяющей его внешний вид, то для решения вопроса о качестве насаждения следует произвести подеревный пересчет растений с отнесением каждого из них по качеству к тому или иному классу добротности. К термину «качество» применимы такие показатели, как санитарная оценка (наличие механических, фито- и энтомоповреждений), морфологическая оценка (форма и фактура кроны, плотность), а также определение перспективности растений.

Первый этап

За основу была взята шкала добротности [2].

Для определения класса оценки качества коллекционных растений, произрастающих на территории экспозиции, следует, во-первых, определить сумму баллов по группам, которая представляет собой произведение количества растений на баллы

$$k_{1-4} = B \cdot K,$$

где K – количество растений (шт.);

B – баллы;

k_{1-4} – сумма баллов по группам.

Во-вторых, определить средний балл, который равен отношению суммы баллов по группам к общему количеству растений

$$B_{\text{ср.}} = (k_1 + k_2 + k_3 + k_4) / K_{\text{общ.}}$$

где k_{1-4} – сумма;

$B_{\text{ср.}}$ – средний балл.

Выделено 4 класса оценки качества коллекционных растений, произрастающих на территории экспозиции.

Если максимальный балл 4 (F_{max}), а минимальный – 1 (F_{min}), то разница ΔF составляет

$$\begin{aligned} \Delta F &= F_{\text{max}} - F_{\text{min}} \\ \Delta F &= 4 - 1 = 3. \end{aligned}$$

Т а б л и ц а 1

РАСТЕНИЕ			
Балл (В)	Описание	Кол-во, шт. (К)	%
Добротность (качество)			
4	– деревья здоровые, хорошо растущие без признаков ослабления, не имеющие изъянов в декоративном отношении	*	*
3	– деревья здоровые, хорошо растущие, с некоторыми недостатками в кроне или в стволе, не угрожающими их долговечности и могущие еще долго оставаться на корне	*	*
2	– деревья с явными признаками болезни, с дефектами в кроне и в стволе, нуждающиеся в уходе, но не требующие, однако, удаления их в ближайшие пять лет	*	*
1	– деревья с явными признаками отмирания и не оставляющие сомнения их удаления в ближайшие пять лет	*	*

Т а б л и ц а 2

Показатель	Балл
НАСАЖДЕНИЕ	
Сомкнутость древесного полога по Голосовой Е.В.	
– 0,6–0,8	3
– 0,3–0,5	2
– 0,9; 0,2	1
Рекреационная дигрессия	
– лесная подстилка не нарушена, доля площади с вытоптанной до минерального слоя почвы не превышает 1 % всего участка	4
– наличие тропинок, доля площади с вытоптанной до минерального горизонта почвой – 5,1–10,0 %, происходит изреживание древостоя (до 10 %), напочвенный покров вытоптан на 5–10 %	3
– дальнейшее изреживание древостоя, доля площади с вытоптанной до минерального слоя почвой – 10,1–25,0 %, напочвенный покров вытоптан на 10–25 %, древостой изрежен на 20–40 %	2
– ослабление древесной растительности – у большинства деревьев корни обнажены и выступают на поверхность, а сами деревья больны или имеют механические повреждения	1
– большая часть площади лишена растительности, наблюдаются только фрагменты травяного покрова, территории, полностью лишённые травяного покрова, составляют 25–80 % общей площади участка. Доля минерализованной поверхности почвы – более 25 %	
Фито- и энтомоповреждения	
– следы повреждений (потеря менее 5 %)	4
– слабая поврежденность (потеря 6–25 %)	3
– средняя поврежденность (потеря 26–50 %)	2
– сильная поврежденность (потеря 51–75 %)	1
Контрастность	
– насаждения с сильно выраженными сочетаниями темных и светлых элементов примерно в равных пропорциях (50 %) или с меньшим количеством светлых элементов (30 %)	4
– насаждения с равномерным размещением светлых элементов (20 %) в пространстве	3
– насаждения с очень небольшим участием (около 10 %) равномерно размещенных светлых элементов	2
– насаждения, совершенно не имеющие светлых элементов	1
Красочность	
– насаждения с резко выраженными сочетаниями элементов трех различных окрасок, примерно в равных пропорциях и с равномерным размещением в пространстве	4
– насаждения с выраженным сочетанием двух окрасок в примерно равных пропорциях и с равномерным размещением	3
– насаждения с выраженным сочетанием двух окрасок при слабой их выраженности	2
– насаждения, не обладающие сколько-нибудь заметными сочетаниями	1
ИТОГО:	

Каждый класс оценки качества растений будет содержать

$$f = \Delta F / 4 = 3 / 4 = 0,8.$$

Соответственно, в I класс качества растений войдут объекты с суммой баллов от 4,0 до 3,2; во II класс качества растений – 3,1–2,4; в III класс качества растений – 2,3–1,6; в IV класс качества растений – 1,5–1,0.

Второй этап

Второй этап заключается в оценке декоративных, санитарных, пространственных и морфологических особенностей насаждения в ботанической экспозиции.

При суммировании полученных баллов насаждению присваивается класс эстетической оценки.

Если максимальный балл 19 (F_{\max}), а минимальный – 5 (F_{\min}), то разница ΔF составляет

$$\Delta F = F_{\max} - F_{\min}, \Delta F = 19 - 5 = 14,$$

и каждый класс оценки насаждений будет содержать

$$f = \Delta F / 4 = 14 / 4 = 3,5.$$

Соответственно в I класс оценки насаждений войдут объекты с суммой баллов от 19,0 до 15,5; во II класс оценки насаждений – 15,4–12,0; в III класс оценки насаждений – 11,9–8,5; в IV класс оценки насаждений – 8,4–5.

К I классу относятся насаждения здоровые, без явных признаков повреждения (1–5 %), с неповрежденным напочвенным покровом, с равномерным соотношением темных и светлых элементов, с резко выраженным сочетанием элементов трех различных окрасок.

Ко II классу можно отнести насаждения, имеющие слабую поврежденность (6–25 %), древостой изрежен на 10 %, напочвенный покров вытоптан до 5–10 %, светлые элементы в насаждении занимают 20 %, преобладают сочетания окрасок из двух цветов.

III класс представлен насаждениями с явными признаками повреждения составляющие 26–50 %, напочвенный покров вытоптан на 10–25 %, изреживание древостоя продолжается и составляет 20–40 %, доля присутствия светлых элементов сводится к 10 %, слабая выраженность растений двух окрасок.

Для IV класса характерны насаждения с очень сильной поврежденностью от 51 до 75 %, напочвенный покров вытоптан на

25–80 %, древесная растительность сильно ослаблена – у большинства деревьев корни обнажены и выступают на поверхность, а сами деревья больны или имеют механические повреждения, насаждения не имеют явных сочетаний окрасок и не имеют светлых элементов.

По результатам итоговой оценки, будет возможно прогнозировать дальнейшее развитие и сохранность экспозиции.

Т а б л и ц а 3

Сводная таблица по оценке эстетических свойств растений и насаждений в ботанических экспозициях

Растение/ Насаждение	I класс	II класс	III класс	IV класс
I класс	1а	1а	1б	1б
II класс	1а	1б	1б	2а
III класс	1б	1б	2а	2а
IV класс	1б	2а	2а	2б

В табл. 3. введено обозначение: 1 – реконструкция; 2 – дублирование.

1а) Реконструкция экспозиции в прежних границах с использованием всех или большей части экспонируемых растений; возможно внедрение элементов благоустройства (скамьи, информационные стенды, кормушки);

1б) Реконструкция экспозиции в прежних границах с полной заменой экспонируемых растений с сохранением видового состава; запланировано введение элементов благоустройства (скамьи, информационные стенды, кормушки).

2а) Дублирование экспозиции на новый участок с переводом первоначальной ботанической экспозиции в другое качество (ландшафтная, рекреационная зона); внедрение элементов благоустройства (создание дорожно-тропиночной сети, устройство площадок, установка скамей, информационных щитов, кормушек);

2б) Дублирование экспозиции на новый участок с расчисткой места под новую экспозицию; плановое введение, при проектировании, элементов благоустройства (создание дорожно-тропиночной сети, устройство площадок, установка скамей, информационных щитов, кормушек).

Т а б л и ц а 4

РАСТЕНИЕ			
Балл (В)	Описание	Кол-во, шт. (К)	%
Добротность (качество)			
4	– деревья здоровые, хорошо растущие без признаков ослабления, не имеющие изъянов в декоративном отношении	0	0
3	– деревья здоровые, хорошо растущие, с некоторыми недостатками в кроне или в стволе, не угрожающими их долговечности и могущие еще долго оставаться на корне	92	21,6
2	– деревья с явными признаками болезни, с дефектами в кроне и в стволе, нуждающиеся в уходе, но не требующие, однако, удаления их в ближайшие пять лет	269	63,1
1	– деревья с явными признаками отмирания и не оставляющие сомнения их удаления в ближайшие пять лет	65	15,3

Т а б л и ц а 5

Показатель	Балл	
НАСАЖДЕНИЕ		
Сомкнутость древесного полога по Голосовой Е.В.		
– 0,6–0,8 – 0,3–0,5 – 0,9; 0,2	2	
Рекреационная дигрессия		
– лесная подстилка не нарушена, доля площади с вытоптанной до минерального слоя почвы не превышает 1 % всего участка – наличие тропинок, доля площади с вытоптанной до минерального горизонта почвой – 5,1–10,0 %, происходит изреживание древостоя (до 10 %), напочвенный покров вытоптан на 5–10 % – дальнейшее изреживание древостоя, доля площади с вытоптанной до минерального слоя почвой – 10,1–25,0 %, напочвенный покров вытоптан на 10–25 %, древостой изрежен на 20–40 % – ослабление древесной растительности – у большинства деревьев корни обнажены и выступают на поверхность, а сами деревья больны или имеют механические повреждения – большая часть площади лишена растительности, наблюдаются только фрагменты травяного покрова, территории, полностью лишённые травяного покрова, составляют 25–80 % общей площади участка. Доля минерализованной поверхности почвы – более 25 %	2	
Фито- и энтомоповреждения		
– следы повреждений, (потеря менее 5 %) – слабая поврежденность (потеря 6–25 %) – средняя поврежденность (потеря 26–50 %) – сильная поврежденность (потеря 51–75 %)	2	
Контрастность		
– насаждения с сильно выраженными сочетаниями темных и светлых элементов примерно в равных пропорциях (50 %) или с меньшим количеством светлых элементов (30 %) – насаждения с равномерным размещением светлых элементов (20 %) в пространстве – насаждения с очень небольшим участием (около 10 %) равномерно размещенных светлых элементов – насаждения, совершенно не имеющие светлых элементов	2	
Красочность		
– насаждения с резко выраженными сочетаниями элементов трех различных окрасок, примерно в равных пропорциях и с равномерным размещением в пространстве – насаждения с выраженным сочетанием двух окрасок в примерно равных пропорциях и с равномерным размещением – насаждения с выраженным сочетанием двух окрасок при слабой их выраженности – насаждения, не обладающие сколько-нибудь заметными сочетаниями	1	
ИТОГО:		9

Вышеизложенная методика была практически применена для оценки эстетического облика экспозиции рода Туя.

В настоящее время на территории экспозиции произрастает 426 экземпляров коллекционных растений.

Первый этап

$$k_1 = B \cdot K = 4 \cdot 0 = 0 \quad k_3 = B \cdot K = 2 \cdot 269 = 538.$$

$$k_2 = B \cdot K = 3 \cdot 92 = 276 \quad k_4 = B \cdot K = 1 \cdot 65 = 65.$$

$$B_{\text{общ.}} = \Sigma B_{1,2,3,4} / K_{\text{общ.}} = (0 + 276 + 538 + 65) =$$

$$= 879 / 426 = \underline{2,06}.$$

По итогам оценки растения относятся к III классу, когда на территории произрастают деревья с явными признаками болезни, с дефектами в кроне и в стволе, нуждающиеся в уходе, но не требующие, однако, удаления их в ближайшие пять лет.

Второй этап

По итогам оценки насаждения относятся к III классу, когда имеют явные признаки повреждений, составляющих 26–50 %, напочвенный покров вытоптан на 10–25 %, изреживание древостоя продолжается и составляет 20–40 %, доля присутствия светлых элементов сводится к 10 %, слабая выраженность растений двух окрасок или же не обладают сколь угодно заметными сочетаниями.

Исходя из полученных данных, нами был сделан вывод о необходимости дублирования экспозиции на другую территорию с переводом первоначальной экспозиции в ландшафтную. Продублированная экспозиция будет оснащена дорожно-тропиночной сетью, что позволит направлять увеличивающийся с каждым годом поток посетителей по строго

отведенным маршрутам, а устройство площадок для отдыха даст возможность уменьшить антропогенную нагрузку на экспозиции.

Установленные информационные щиты с краткой историей создания экспозиции, а также информация об особо интересных, с точки зрения науки, видов и сортов, позволит усилить просветительскую роль ботанической экспозиции.

Приведенный пример демонстрирует состоятельность разработанной методики и дает возможность прогнозировать дальнейшее развитие экспозиции.

Библиографический список

1. Гальперин, М.И. Ландшафтная таксация лесопарковых насаждений / М.И. Гальперин, А.А. Николлин. – Свердловск: Изд-во Уральского лесотехнического института, 1971. – 88 с.
2. Васильев, В.М. Лесопарковое хозяйство / В.М. Васильев. – М.: Изд-во министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1952. – 178 с.
3. Хайретдинов, А.Ф. Лесное и лесопарковое хозяйство / А.Ф. Хайретдинов, С.И. Конашова. – Уфа: БГАУ, 1994. – 223 с.
4. Пряхин, В.Д. Пригородные леса / В.Д. Пряхин, В.Т. Николаенко. – М.: Лесная пром-сть, 1981. – 248 с.
5. Котова, А.В. Методика оценки и прогноз состояния насаждений в ботанических экспозициях (на примере дендрария ГБС РАН) / А.В. Котова // Материалы IX Международной конференции молодых ученых, посвященной 145-летию со дня рождения И.К. Пачоского. – М.: Изд-во Московского государственного университета леса, 2009. – С. 61–64;
6. Голосова, Е.В. Средообразующая роль городских насаждений разных структур (на примере центра Москвы): дисс. ... канд. с.-х. наук / Е.В. Голосова. – М., 1991. – 235 с.

УПРАВЛЕНИЕ СХЕМАМИ РАБОТЫ МАШИН В ОБРАБАТЫВАЮЩЕ-ТРАНСПОРТНЫХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

С.Б. ЯКИМОВИЧ, *проф. МарГТУ, д-р техн. наук,*
М.А. ТЕТЕРИНА, *ст. преп. МарГТУ, канд. техн. наук*

jak.55@mail.ru; tetatet-marya@mail.ru

Синхронизация обрабатывающе-транспортных лесозаготовительных систем основана на управлении их нецелочисленными параметрами: грузоместимостью транспортных машин, расстоянием транспортировки, интенсивностями обработки и перемещения предмета труда и соответствующими схемами работы машин [1].

Изменение схем работы машин в системах заготовки и обработки древесины позволяет адаптировать параметры систем к условиям стохастической неопределенности лесосек, для снятия которой рекомендуется [1, 2] выделение:

- однородных групп лесосек (кластеров);
- наиболее часто встречающихся (наиболее вероятных) близких по параметрам лесосек.

Подробные методики кластеризации и оценки вероятностей параметров лесосек представлены в [1, 2]. Целями данной статьи являются:

1. Изложение принципов:

- управления схемами работы машин в обрабатывающе-транспортных лесозаготовительных системах с целью синхронизации и снижения негативного воздействия систем на лесную среду;

- оценки эффективности управления схемами работы машин.

2. Иллюстрация данных принципов на конкретном примере (для системы «харвестер – форвардер» в условиях ОАО «Соликамскбумпром»).

Управление схемами работы машин: цели и принципы

Основные цели управления схемами работы машин – снижение негативного воздействия лесозаготовительных систем на лесную среду, с одной стороны, и синхронизация систем (т.е. обеспечение интенсивностей обработ-

ки и перемещения предмета труда, определяемых по результатам решения соответствующей задачи оптимизации), с другой стороны.

В соответствии с изложенными целями управление схемами работы машин рекомендуется выполнять на основе следующих принципов [3]:

1. Разработка лесосек по схемам, обеспечивающим оптимальные расстояния между волоками (ширину пасеки) и технологические площади.

2. Обеспечение достаточного количества порубочных остатков на волоке в целях снижения отрицательного воздействия лесозаготовительных машин на корневые системы и почвы.

3. Снижение повреждений (ошмыга, обдира) оставляемых на доразживание древостоев и сохранение подроста соответствующими приемами и направлением повала, расположением кроны дерева на волоке. Исключение вращений (поворотов) деревьев при оперировании ими харвестерными головками.

4. Обеспечение интенсивности транспортировки предмета труда, необходимой по условиям синхронизации, на основе управления средним расстоянием транспортировки и следующими определяющими его параметрами:

- количеством погрузочных пунктов (один погрузочный пункт, погрузка широким фронтом и т.д.);

- размещением погрузочных пунктов (на магистрали, на ветке, на волоке и т.д.);

- размещением пасечных волоков (по длинной или короткой стороне лесосеки при соблюдении требований по направлениям разработки лесосек в соответствии с направлениями преобладающих ветров);

- количеством и размещением магистральных волоков.

5. Проведение экспериментальных исследований для проверки теоретических

значений интенсивностей обработки и перемещения предмета труда при различных схемах работы машин: в течение смены в начале разработки конкретной лесосеки непосредственное фиксирование фактической часовой производительности машин (например, с помощью информационной системы Timbermatic – для харвестера и непосредственным фиксированием объема сортиментов, доставленных на погрузочный пункт – для форвардера) и использование запаса производительности обрабатывающей машины, определенного экспериментально:

1) для снижения негативного воздействия машин на лесную среду на основе изложенных ранее принципов (в т.ч. по новым патентно защищаемым способам работы машин);

3) для повышения производительности системы с учетом рекомендаций по синхронизации.

В качестве примеров управления схемами, а также приемами работы машин при заготовке сортиментов машинами манипуляторного типа могут рассматриваться следующие технологии или способы (под способом в лесозаготовительной системе понимается совокупность схем и приемов работы машин) работы машин, являющиеся развитием традиционной схемы [3,4]:

1. Способ работы лесозаготовительной машины с заездом на полупасеки [3,4]. Ширина пасеки увеличивается до четырех вылетов манипулятора. Способ позволяет уменьшить общую длину пасечных волоков на лесосеке.

2. Способ работы лесозаготовительной машины с импровизированным волоком [3,4]. Форвардер работает на волоках, удаленных друг от друга примерно на 3,5 вылета манипулятора, что приводит к более значительному (чем при способе по п.1) снижению общей длины пасечных волоков на лесосеке.

3. Способ работы лесозаготовительной машины с двумя вспомогательными коридорами [3, 4]. Ширина пасеки составляет от четырех до пяти вылетов манипулятора. Технология позволяет также сосредоточить на волоке большее количество порубочных остатков.

4. Способ работы лесозаготовительной машины с одновременной валкой расположен-

ных перед машиной и за машиной деревьев вершиной на волок без приземления комлевой части дерева [3, 5]. Сохранение подроста на пасеке осуществляется за счет того, что валка осуществляется вершиной на волок, а комлевая часть дерева при валке и переносе ее к волоку поднимается над землей манипулятором машины, а также за счет компактного размещения сортиментов в пачках около волока с учетом расположения куртин подроста. Снижение воздействия машин на лесные почвы обеспечивается оставлением на волоке расположенных комлями в разных направлениях и крестообразно вершин с последующим укреплением волока при движении машин по нему.

С целью адаптации лесозаготовительных систем к стохастической неопределенности лесосек необходимо управление схемами машин в условиях кластеров лесосек.

Кластеризация лесосек – структурирование наблюдаемых данных по параметрам последних, т.е. разбиение лесосек на виды. Кластер – группа однородных лесосек, обладающих свойством отделимости от других групп по основным статистическим характеристикам:

1) среднему статистическому (оценке математического ожидания) параметров каждой лесосеки

$$\bar{x}_i = (\sum_{k=1}^p x_{i,k}) / p, \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где p – число параметров лесосек;

n – число лесосек;

$x_{i,k}$ – значение k -й характеристики для i -й лесосеки (например, $x_{1,1}$ – средний объем хлыста на лесосеке №1;

$x_{1,2}$ – среднее расстояние трелевки на лесосеке №1;

$x_{1,3}$ – средний запас леса на лесосеке №1);

2) дисперсии (оценке рассеивания) параметров каждой лесосеки

$$\sigma_i^2 = \sum_{k=1}^p (x_k - \bar{x}_i) / p; \quad (2)$$

3) среднему квадратическому отклонению параметров каждой лесосеки

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_i^2}. \quad (3)$$

Кластеры лесосек – это группы лесосек, однородных (т.е. обладающих минималь-

но возможной изменчивостью внутри групп и максимально возможной изменчивостью между группами) по выбранным случайным характеристикам.

В соответствии с методикой выбора синхронизированных, энергосберегающих и соответствующих экологическим ограничениям систем заготовки и обработки древесины [1] в качестве случайных характеристик лесосек, используемых для кластеризации, рекомендуются следующие:

- 1) площадь и соответствующее ей среднее расстояние трелевки l , м;
- 2) средний запас леса q , м³/га;
- 3) средний объем хлыста V_x , м³.

При необходимости могут быть добавлены и другие характеристики, например количество подроста, влажность грунтов и т.д. Все используемые при кластеризации характеристики лесосек определяются на основе экспериментальных исследований, а также в соответствии с лесохозяйственными регламентами, лесными планами и другой справочно-аналитической информацией.

Повышение эффективности систем заготовки и обработки древесины на основе управления схемами работы машин с использованием результатов кластеризации лесосек определяется следующими факторами:

1. Параметрами лесосек в условиях каждого кластера и их вероятностями (т.е. процентным содержанием лесосек каждого кластера в общем объеме арендуемых лесных участков).

2. Адаптивными возможностями систем в условиях каждого кластера: возможностями изменения схем и приемов работы машин в соответствии с принципами синхронизации и снижения негативного воздействия лесозаготовительных машин на лесную среду.

3. В условиях каждого кластера для различных способов работы машин показателями качества систем, такими как:

- вероятность (время) простоев;
- расход топлива;
- число проходов транспортных машин по одному следу;
- технологическая площадь на лесосеке;
- удельное давление машин на почвы;
- сохранность подроста;
- площадь и длина волоков;
- количество порубочных остатков на волоках и т.д.

Управление схемами работы машин в системах «харвестер–форвардер» в условиях кластеров лесосек ОАО «Соликамскбумпром»

В условиях ОАО «Соликамскбумпром» на основе кластеризации выделены однородные группы лесосек, представленные в табл.1 и на рисунке.

Для использования при кластеризации характеристики лесосек в натуральных единицах должны быть выражены в безразмерных (стандартизированных) единицах. Приведение к относительному безразмерному виду выполняется посредством деления натуральной величины показателей на максимальное значение

$$q_{i\%} = \frac{q_i}{q_{\max}}, V_{xi\%} = \frac{V_{xi}}{V_{x\max}}, l_{i\%} = \frac{l_i}{l_{\max}}.$$

В соответствии с принципами синхронизации, снижения негативного воздействия на лесную среду и адаптации к условиям неопределенности лесосек для условий ОАО «Соликамскбумпром» рекомендуются системы, представленные в табл. 2.

Сравнительная оценка основных показателей качества рекомендуемых систем (при управлении схемами работы машин) и систем, включающих машины таких же марок, но без управления схемами работы машин (при использовании традиционной схемы) позволяет сделать следующие выводы в части эффективности рекомендуемых систем.

Т а б л и ц а 1

Средние статистические по кластерам лесосек ОАО «Соликамскбумпром»

Параметры лесосек	Кластер № 1	Кластер № 2	Кластер № 3	Кластер № 4
Среднее расстояние трелевки l , м	562	554	310	238
Средний запас леса q , м ³ /га	173	247	259	218
Средний объем хлыста V_x , м ³	0,34	0,53	0,54	0,56

Рекомендуемые системы «харвестер–форвардер» для ОАО «Соликамскбумпром»

Кластер	Способ работы и марка харвестера	Нормативная рейсовая нагрузка и марка форвардера
№1	с одновременной валкой расположенных перед машиной и за машиной деревьев вершиной на волок без приземления комлевой части дерева, John Deere 1270	16 м ³ , Tigercat 1018B Skotare
№2	с импровизированным волоком, John Deere 1270	27 м ³ , John Deere 1710 (8 кол.)
№3	с одновременной валкой расположенных перед машиной и за машиной деревьев вершиной на волок без приземления комлевой части дерева, John Deere 1270	22 м ³ , John Deere 1710D, 1410D (8 кол.)
№4	с заездом харвестера на полупасеки, John Deere 1270	22 м ³ , John Deere 1710D, 1410D (8 кол.)

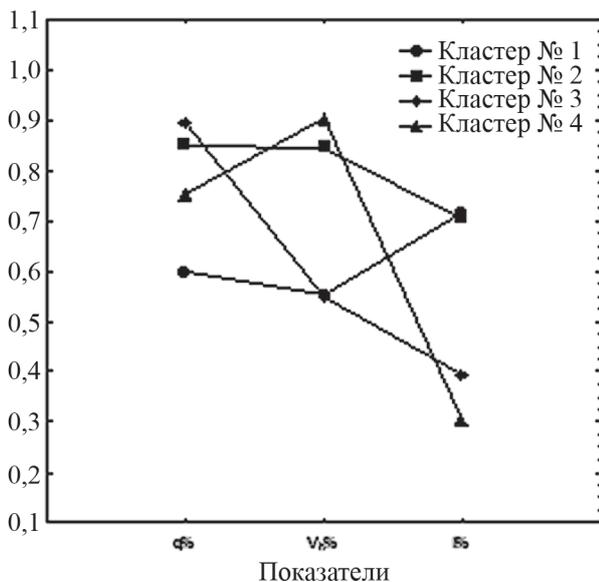


Рисунок. Графическое представление средних статистических показателей (в безразмерных единицах) по кластерам лесосек ОАО «Соликамскбумпром»

На основе управления схемами работы машин для кластера № 1:

- время простоев снижается на 8,9 % (оценивалось по выражению вероятности простоев системы из [1]);
- расход топлива снижается на 0,021 кг/мин. (оценивался по выражению из [1]);
- сохранность подроста повышается;
- количество порубочных остатков на волоках повышается (т.е. негативное воздействие машин на корневые системы и почвы снижается).

Для кластера № 2:

- время простоев снижается на 19,8 %;
- расход топлива снижается на 0,048 кг/мин.;

– технологическая площадь снижается (т.е. негативное воздействие машин на корневые системы и почвы снижается).

Для кластера № 3:

- время простоев снижается на 1 %;
- расход топлива снижается на 0,024 кг/мин.;
- сохранность подроста и количество порубочных остатков на волоках повышается.

Для кластера №4:

- время простоев снижается на 6,5 %;
- расход топлива снижается на 0,016 кг/мин.;
- технологическая площадь снижается.

Таким образом, управление схемами работы машин в системах заготовки и обработки древесины обеспечивает синхронизацию и снижение энергоемкости систем, снижение негативного воздействия машин на лесную среду (повреждений подроста, уплотнения почв, негативного воздействия машин на корневые системы оставляемых на доращивание древостоев) и адаптацию систем к условиям стохастической неопределенности лесосек.

Оптимальные схемы работы машин определяются по условиям синхронизации и обеспечения необходимых интенсивностей функционирования систем, с одной стороны, и по условиям снижения технологических площадей на лесосеке, с другой стороны.

С целью адаптации систем заготовки и обработки древесины к условиям стохастической неопределенности лесосек рекомендуется управление схемами работы машин в условиях кластеров лесосек – групп, однородных по основным статистическим характеристикам.

Управление схемами работы машин в системах «харвестер–форвардер» в условиях

кластеров лесосек ОАО «Соликамскбумпром» обеспечивает снижение времени простоев на 19,8 %, расхода топлива – на 0,048 кг/мин., а также повышение сохранности подроста и снижение негативного воздействия машин на корневые системы и почвы.

Результаты получены при выполнении поисковой научно-исследовательской работы в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.

Библиографический список

1. Тетерина, М.А. Обоснование параметров обрабатывающе-транспортной системы «харвестер–форвардер» (на примере предприятий Пермского края): дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01 – М., 2009. – 332 с.
2. Якимович, С.Б. Выбор систем заготовки древесины в условиях неопределенности/С.Б.Якимович, М.А.Тетерина// Известия СПбГЛТА. Вып. 185. – СПб: СПбГЛТА, 2008. – С.263–268.
3. Обоснование ресурсосберегающих технологий лесопромышленного комплекса, адаптированных к природным условиям Пермского края, с минимизацией затрат на лесовосстановление: отчет о НИР /МарГТУ; рук. Якимович С.Б. – Гос. контракт № 01.29/07. – Йошкар-Ола, 2007 г., 500 с.
4. Азаренок, В.А. Сортиментная заготовка леса: Учеб. пособие / В.А. Азаренок, Э.Ф. Герц, А.В. Мехренцев – Уральская ГЛТА: Екатеринбург, 1999. – 134 с.
5. Патент № 2365093 РФ. Способ заготовки сортиментов машиной манипуляторного типа// Якимович С.Б., Груздев В.В., Крюков В.Н., Тетерина М.А. – Заявлено 26.02.2008. Опубликовано 27.08.2009.

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ЛЕСОВОЗНЫХ ВЕТОК И УСОВ

Д.Н. АФОНИЧЕВ, *проф. каф. транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА, д-р техн. наук*
dmafonichev@yandex.ru

Размещение лесовозных веток и усов в осваиваемых лесных массивах предполагает установление ширины зоны тяготения к ним и протяженность участков веток и усов различных конструкций в зависимости от грузонапряженности и местных условий таким образом, чтобы затраты на вывозку древесины и строительство дорог, отнесенные к 1 м³ заготовленной древесины, были минимальными [1, 2]. Поиск оптимальных параметров размещения лесовозных веток и усов представляет собой сложную многовариантную задачу, решение которой осуществляется в системе автоматизированного проектирования (САПР) лесовозных автомобильных дорог [2, 3]. Существующие модели, алгоритмы и программное обеспечение САПР лесовозных автомобильных дорог не учитывают ограничений размеров лесосек и возможности комбинированного применения усов различных конструкций и магистральных трелевочных волоков [1, 3–5], что приводит к результатам проектирования, не согласующимся с лесоводственными требованиями. Для исключения указанного недостатка необходимо в математическом обес-

печении САПР предусмотреть ограничения площади лесосеки A (га) и ее ширины d_y (км)

$$A \leq A_{\text{доп}}; d_y \leq d_{\text{Л доп}} \quad (1)$$

где $A_{\text{доп}}$ – допустимая в данных условиях площадь лесосеки, га;

$d_{\text{Л доп}}$ – допустимая в данных условиях ширина лесосеки, км.

Алгоритм поиска в САПР оптимальных параметров размещения лесовозных веток и усов, показанный в виде блок-схемы на рис. 1 и 2, требует ввода следующих исходных данных:

$A_{\text{доп}}$ – наибольшая допустимая площадь лесосеки, га;

$A_{\text{мин}}$ – минимальная площадь лесосеки, га;

ΔA – шаг изменения площади лесосеки, га;

$d_{\text{Л доп}}$ – наибольшая допустимая ширина лесосеки, км;

$d_{y \text{ мин}}$ – минимальная ширина зоны тяготения к усу (минимальная ширина лесосеки), км;

Δd_y – шаг приращения ширины зоны тяготения к усу, км;

- l_0 – расстояние от оси ветки до границы лесосеки, км;
- L_p – длина петлевого разворота, км;
- l_p – протяженность уса после погрузочного пункта, необходимая для устройства петлевого разворота, км;
- γ – ликвидный запас древесины, м³/га;
- k_{PY}, k_{PT}, k_{PI} – коэффициенты удлинения уса, магистральных и пасечных трелевочных волоков;
- $k_{PB1}, k_{PB2}, k_{PB3}$ – коэффициенты развития глубинного, промежуточного и головного участков ветки;
- β – коэффициент, учитывающий прокладку веток по неэксплуатационным площадям;
- k_{O1}, k_{O2}, k_{O3} – коэффициенты, учитывающие затраты на строительство, ремонт и содержание ответвлений и разветвлений для глубинного, промежуточного и головного участков ветки;
- λ_B – коэффициент, учитывающий отдаленность затрат на вывозку по ветке;
- c – коэффициент, учитывающий часть объема вывозки древесины, приходящуюся на дни с высокой влажностью грунтов;
- a – расстояние от начала магистрального волокна до границы пасеки, км;
- a_1 – расстояние от места погрузки до границы пасеки, км;
- a_2 – дополнительный пробег трелевочного трактора в пределах погрузочного пункта, км;
- a_{II} – ширина зоны тяготения к пасечному волоку, км;
- z – расстояние от уса до магистрального волокна, км;
- Q_{II} – полезная нагрузка на автопоезд, м³;
- $k_{исп}$ – коэффициент использования полезной нагрузки;
- $b_{УХ}$ – стоимость пробега автопоезда по усу без груза, руб./км;
- C_{B1}, C_{B2}, C_{B3} – единовременные затраты на постройку 1 км глубинного, промежуточного и головного участков ветки, руб./км;
- B_{B1}, B_{B2}, B_{B3} – ежегодные затраты на содержание и ремонт 1 км глубинного, промежуточного и головного участков ветки, руб./км;

- C_T, C_{II} – стоимость устройства магистрального и пасечного волоков, руб./км;
- b_T, b_{II} – стоимость трелевки древесины по магистральным и пасечным волокам, руб./((м³·км));
- $C_{УП}, C_{УГ}$ – стоимость строительства и содержания 1 км уса с покрытием и грунтового (снежно-уплотненного), руб./км;
- $b_{УП}, b_{УГ}$ – стоимость вывозки древесины по усу с покрытием и грунтовому (снежно-уплотненному), руб./((м³·км));
- K – стоимость устройства погрузочного пункта, руб.

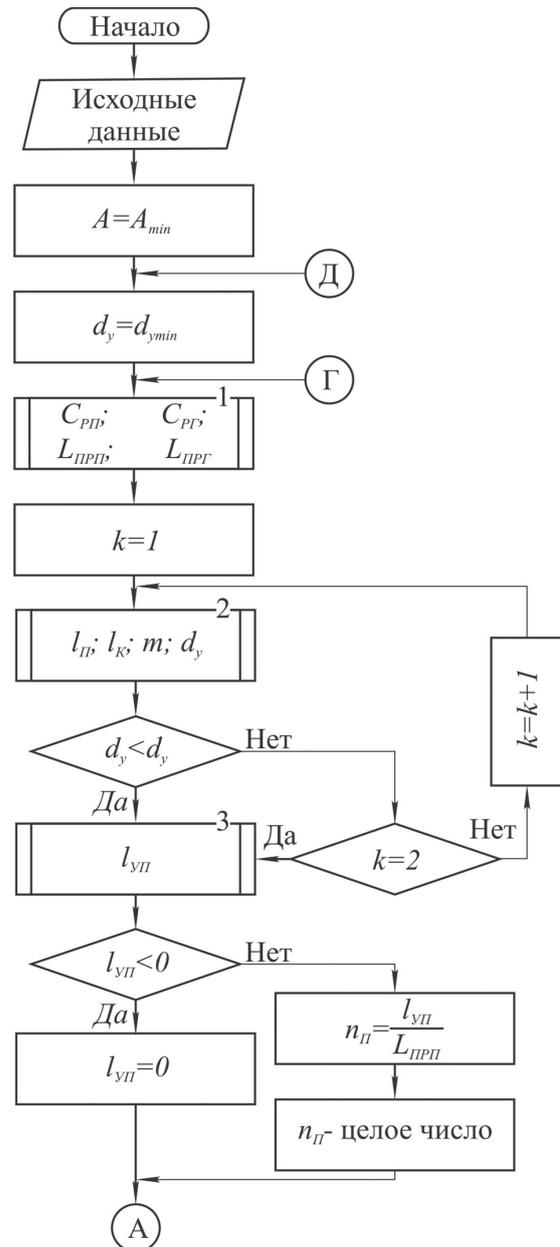


Рис. 1. Блок-схема алгоритма расчета в САПР оптимальных параметров размещения лесовозных веток и усов (начало)

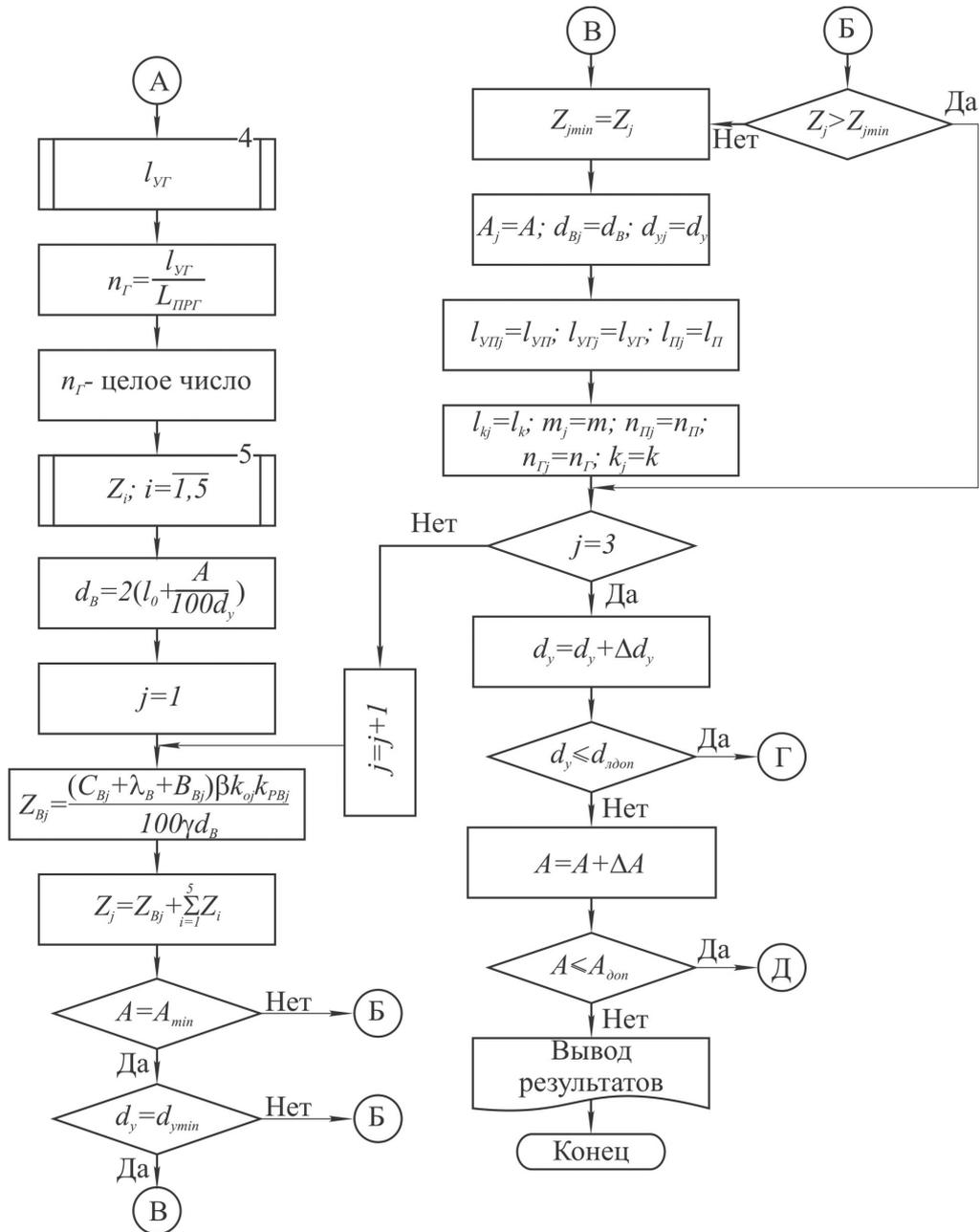


Рис. 2. Блок-схема алгоритма расчета в САПР оптимальных параметров размещения лесовозных веток и усов (окончание)

В представленном алгоритме блок 1 (рис. 1) осуществляет расчет стоимости устройства и содержания петлевых разворотов $C_{РП}$, $C_{РГ}$ и оптимальных расстояний $L_{ПРП}$ и $L_{ПРГ}$ между петлевыми разворотами

$$C_{РП} = L_P C_{УП}; C_{РГ} = L_P C_{УГ} \quad (2)$$

$$L_{ПРП} = 0,1 \sqrt{\frac{k_{уcn} Q_{П} L_P C_{УП}}{\gamma d_y b_{yx} k_{PY}}};$$

$$L_{ПРГ} = 0,1 \sqrt{\frac{k_{уcn} Q_{П} L_P C_{УГ}}{\gamma d_y b_{yx} k_{PY}}}. \quad (3)$$

Блок 2 (рис. 1) определяет расстояние между погрузочными пунктами $l_{П}$, расстояние от последнего погрузочного пункта до границы зоны тяготения ветки l_K

$$l_{П} = 0,14 \sqrt{\frac{kK}{\gamma b_T k_{PT} d_y}};$$

$$l_K = \frac{k_{PY}(C_{УГ} + B_{УГ}) + \frac{kK}{l_{П}} + k_{PT} C_T (k-1)}{100\gamma d_y (k_{PT} b_T - k_{PY} b_{УГ})} + 0,5 l_{П}. \quad (4)$$

Количество погрузочных пунктов m составляет

$$m = \frac{k}{l_{\Pi}} \left(\frac{A}{100d_y} - l_K \right) + 1. \quad (5)$$

Значение m округляется до целого числа и уточняется величина l_{Π} по формуле

$$l_{\Pi} = \frac{k}{m-1} \left(\frac{A}{100d_y} - l_K \right). \quad (6)$$

Условная ширина зоны тяготения к уссу d'_y равна

$$d'_y = 0,2 \sqrt{\frac{a_{\Pi}(K + C_T k_{PT} l_{\Pi}) - C_{\Pi} k_{PP} l_{\Pi} z}{a_{\Pi} \gamma l_{\Pi} b_{\Pi} k_{PP}}}. \quad (7)$$

Протяженность уса с покрытием $l_{y\Pi}$ (рис. 1, блок 3) рассчитывается по формуле

$$l_{y\Pi} = \frac{cA}{100d_y} + l_0 + l_P - l_{\Pi}. \quad (8)$$

Протяженность грунтового уса $l_{yГ}$ (рис. 2, блок 4) равна

$$l_{yГ} = \frac{A}{100d_y} - l_{y\Pi} + l_0 - l_K + l_P. \quad (9)$$

Блок 5 (рис. 2) определяет следующие затраты (руб./м³):

- на строительство и содержание уссов, отнесенные к 1 м³ вывезенной древесины Z_1 ;
- на вывозку 1 м³ древесины по уссу Z_2 ;
- на устройство погрузочных пунктов и магистральных трелевочных волоков, отнесенные к 1 м³ вывезенной древесины Z_3 ;
- на трелевку 1 м³ древесины по магистральным волокам Z_4 ;
- на трелевку древесины по пасечным волокам и устройство пасечных волоков Z_5 .

$$Z_1 = \frac{k_{PY}}{A\gamma} \{l_{y\Pi} C_{y\Pi} + l_{yГ} C_{yГ} + C_{PP} n_{\Pi} + C_{PT} n_{Г}\}, \quad (10)$$

где n_{Π} , $n_{Г}$ - количество петлевых разворотов с покрытием и грунтовых.

$$Z_2 = \frac{100d_y k_{PY}}{A} \times \left\{ \begin{aligned} & l_K [l_{y\Pi} b_{y\Pi} + b_{yГ} (l_{yГ} - l_P - a_1)] + \\ & + P [l_{y\Pi} b_{y\Pi} + b_{yГ} (0,5(l_{\Pi} + P) - l_P - a_1)] + \\ & + H b_{y\Pi} [l_0 - a_1 + 0,5(H - l_{\Pi})] \end{aligned} \right\}, \quad (11)$$

где $P = \frac{A(1-c)}{100d_y} - l_K$; $H = \frac{Ac}{100d_y}$.

$$Z_3 = \frac{1}{A\gamma} \{k_{PT} C_T [l_K - a + (l_{\Pi} - a)(m-1)] + mK\}. \quad (12)$$

$$Z_4 = \frac{100d_y k_{PT} b_T}{A} \left\{ l_K \left(a_2 + \frac{l_K - a}{2} \right) + \left(\frac{A}{100d_y} - l_K \right) \left(a_2 + \frac{l_{\Pi} - a}{2} \right) \right\}. \quad (13)$$

$$Z_5 = \frac{k_{PP}}{A} \left\{ \begin{aligned} & \frac{C_{\Pi}}{\gamma a_{\Pi}} [(d_y - kz) \left(\frac{A}{100d_y} - l_K \right) + \\ & + d_y l_K] + \frac{50b_{\Pi}}{k} [(d_y - kz)^2 \times \\ & \times \left(\frac{A}{100d_y} - l_K \right) + d_y^2 l_K] \end{aligned} \right\}. \quad (14)$$

Реализация алгоритма позволяет получить следующие оптимальные параметры размещения лесовозных веток и уссов, которые соответствуют минимальным суммарным удельным затратам на строительство, ремонт и содержание ветки, строительство и содержание уссов, вывозку по уссам, устройство погрузочных пунктов, трелевочных волоков и трелевку древесины:

- A_j - площадь лесосеки, га;
- d_{Bj} - ширина зоны тяготения к ветке, км;
- d_{yj} - ширина зоны тяготения к уссу, км;
- $l_{y\Pi j}$, $l_{yГ j}$ - протяженность уса с покрытием и грунтового, км;
- $l_{\Pi j}$ - расстояние между погрузочными пунктами, км;
- l_{Kj} - расстояние от последнего погрузочного пункта до границы зоны тяготения ветки, км;
- m_j - количество погрузочных пунктов;
- k_j - положение уса на лесосеке (при $k_j = 1$ ус прокладывается по краю, при $k_j = 2$ ус прокладывается посередине);
- $n_{\Pi j}$, $n_{Г j}$ - количество петлевых разворотов с покрытием и грунтовых.

Индекс j обозначает принадлежность к участкам ветки: $j = 1$ - глубинный участок; $j = 2$ - промежуточный участок; $j = 3$ - головной участок.

Разработанный алгоритм позволяет найти оптимальные параметры размещения лесовозных веток и уссов, которые соответствуют требованиям по ограничению площади и ширины лесосек, и дополняет математическое обеспечение САПР лесовозных автомобильных дорог.

Библиографический список

1. Ильин, Б.А. Основы размещения лесовозных дорог в сырьевых базах лесозаготовительных предприятий / Б.А. Ильин. – Л.: ЛТА, 1987. – 63 с.
2. Афоничев, Д.Н. Оптимизация размещения внутриплощадочных дорог в сырьевых базах лесозаготовительных предприятий / Д.Н. Афоничев // Природопользование: ресурсы, техническое обеспечение: межвуз. сб. научн. тр. / ВГЛТА. – Воронеж, 2007. – Вып. 3. – С. 36–42.
3. Борисов, Г.А. Методы автоматизированного проектирования лесотранспорта / Г.А. Борисов. – Петрозаводск: Карелия, 1978. – 198 с.
4. Tan, J. Planning a forest road network by spatial data handling-network routing system / J. Tan. – Helsinki, 1992.
5. Rowman, J. New look at optimum road dentle topography / J. Rowman, R. Hessian // Transportaion reserch record. – 1983. – № 898.

**ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
СТРУКТУРЫ ГИДРОСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ОБОРУДОВАНИЕМ ЛЕСНЫХ МАШИН**

Г.П. ДРОЗДОВСКИЙ, *проф. каф. лесных, деревообрабатывающих машин и материаловедения Ухтинского ГТУ, канд. техн. наук,*

Н.Р. ШОЛЬ, *проф. каф. лесных, деревообрабатывающих машин и материаловедения Ухтинского ГТУ, канд. техн. наук,*

В.И. ЮСЕНХАН, *асп. каф. лесных, деревообрабатывающих машин и материаловедения Ухтинского ГТУ*

nshol@ugtu.net

Современные структуры гидропривода технологического оборудования лесных машин содержат значительное количество гидроэлементов и сложные структурные (функциональные) взаимосвязи без резервирования и трансформации этих взаимосвязей. Нет четкого определения функциональной значимости влияния каждого элемента на общую надежность и работоспособность системы. Это приводит к значительному количеству отказов гидросистемы при действии отрицательных факторов внешнего и внутреннего их проявления и воздействия. По данным анализа эксплуатационной надежности лесозаготовительных машин [1], отказы гидросистем составляют 20 до 54 % от всех отказов по машинам (базовый трактор, технологическое оборудование). Это объясняется многими причинами (приведены ниже), но одной из определяющих причин можно считать отсутствие инновационных принципов проектирования гидросистем на базе требований ГОСТ 27.301-95; ГОСТ 27.310-95.

При проектировании гидросистем не учитывается уровень влияния функциональной надежности элементов гидропривода на критичность проявляющихся отказов (т.е.

тяжесть экономических и экологических последствий отказов), приводящих к значительным затратам на устранение отказов и последствий их деградационного влияния на функционирование системы и экологическую ситуацию в зоне применения системы лесной машины в виде загрязнения экосреды при внезапной разгерметизации гидросистемы. Это сопровождается значительным выбросом гидрожидкости на нефтяной основе в зону применения машины и нарушения экологической чистоты среды дальнейшего процесса естественного лесовозобновления лесных ресурсов. Также в структуре гидросистем отечественных лесных машин отсутствует информационная система управления и мониторинга рабочих параметров гидроэлементов на базе бортового промышленного компьютера, обеспечивающего эффективное поддержание функциональной надежности гидроэлементов системы и контроль ее герметичности (важный эколого-эксплуатационный фактор).

В большинстве применяемых лесозаготовительных машин суммарная протяженность напорных гидролиний в составе трубопроводов и рукавов высокого давления, в

зависимости от типа оборудования, его широ-козахватности составляет 20 – 100 м, что при значительном колебании давления (выброс давления в переходных процессах при пере-ключении распределительных устройств, ди-намической нагруженности в процессе тех-нологических операций с деревом, жесткости климатических факторов, деградации упру-гих свойств резиновых изделий гидросисте-мы и т.д.) приводит к их разрыву и выбросу гидрожидкости в окружающую среду.

Анализ эксплуатационной надежност-и применяемых машин [1] показывает, что отказы в виде разрывов трубопроводов и рукавов высокого давления (РВД) составля-ют соответственно 18,9 % и 29,7 % от всех отказов гидросистемы. Это существенная экономическая и экологическая проблема, ко-торая в соответствии с международным стан-дартом МЭК 812 (1985) и ГОСТ 27.310-95, должна рассматриваться с позиции анализа видов, последствий и критичности отказов (АВПКО).

Из теории надежности сложных сис-тем известно, что увеличение количества эле-ментов системы резко увеличивает количес-тво нестандартных состояний с нарушением режима нормального ее функционирования [2]. Анализ структур гидроприводов приме-няемых лесозаготовительных машин по коли-честву гидроэлементов системы (обобщение по 20 лесозаготовительным машинам лесной промышленности) приведен в таблице.

Низкая надежность гидросистем лес-ных машин из-за значительного процента отказов трубопроводов, РТИ и РВД в соот-ветствии с требованиями АВПКО, определя-

ет направления разработки новых критериев качественной оценки функциональной значи-мости этих элементов в системе и критичност-и их отказов.

Разработан показатель функциональ-ной надежности элементов гидросистем в виде [3]

$$A_{\phi_{\text{гц}}} = 1 - \sum_{i=1}^n A_{\phi_{i}} = 1 - \sum_{i=1}^n K_{\phi_{i}} (1 + K_{o_{i}}), \quad (1)$$

где $A_{\phi_{i}}$ – показатель функциональной надеж-ности i -го элемента;

$K_{\phi_{i}}$ – коэффициент функциональной значи-мости i -го элемента в гидросистеме;

$K_{o_{i}}$ – коэффициент отказов i -го элемента (доля отказов i -го элемента от отказов гидросистемы).

Анализ данных по эксплуатационной надежности машин и расчет по (1) позволя-ет определить значение $A_{\phi_{\text{гц}}}$ (труб, РВД) на уровне 0,31 при $K_{o_{\text{гц}}} = 0,262$ и $K_{o_{\text{РВД}}} = 0,207$. Сравнительно: для насосов и гидромоторов – $A_{\text{гц}} = 0,291$; $A_{\phi_{\text{распр.}}} = 0,315$; $A_{\phi_{\text{гц}}} = 0,224$. Раз-работан показатель критичности отказов i элемента по видам отказов j в виде [3]

$$A_{k_{ij}} = (\Lambda_{ij} / \Sigma \Lambda_{ij}) \cdot K_{\phi_{i}} (1 + K_{o_{ij}}) \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где $\Lambda_{ij} = K_j \cdot \lambda_{ij} \cdot n_i$ – приведенная интенсивность j вида отказа i элемента;

K_j – степень жесткости j отказа;

λ_{ij} – интенсивность j отказа i -го элемен-та;

$\Sigma \Lambda_{ij}$ – сумма приведенных интенсивнос-тей всех j -видов отказов i -элемента;

n_i – число элементов в системе.

Показатель $A_{k_{ij}}$ позволяет оценить тя-жесть экономических и экологических посл-едействий проявления отказов i -ых элементов.

Т а б л и ц а

Число гидроэлементов n_i в гидросистемах отечественных лесных машин

Технологический тип машины	Тип гидроэлемента						РВД
	вращательного (коловратного) типа		возвратно-поступательного типа	гидрораспределители			
	насосы	гидромоторы		гидроцилиндры	блоч-ные	одинач-ные	
ЛП – валочно-пакетирующие	2 ÷ 4	1 ÷ 4	8 ÷ 12	2	2	11 ÷ 12	18 ÷ 20
ВТМ – валочно-трелевочные	2 ÷ 4	1	11 ÷ 12	2 ÷ 3	2	11 ÷ 12	20 ÷ 24
ЛТ – трелевочные	1 ÷ 2	–	4 ÷ 10	2 ÷ 3	1	3 ÷ 7 до(12)	12 ÷ 16
СМ – сучкорезные	1 ÷ 4	1 ÷ 3	4 ÷ 9	4 – 6	2	6 ÷ 10 до(16)	14 ÷ 18
ПЛ – погрузочные	1 ÷ 2	–	5 ÷ 6	1	–	2 ÷ 3	12 ÷ 16

Анализ расчетных данных по формуле (2) с учетом формулы (1) показывает, что РТИ, трубопроводы и РВД, имеющие отказы в виде разрыва (прорыва) с экологически недопустимым загрязнением среды гидрожидкостью, имеют значительную критичность их последствий.

Уровень показателя критичности A_{kij} для указанных элементов составляет: РТИ (всех видов, и в составе большинства гидроэлементов) – $A_{Крми} = 19,5\%$; РВД и трубопроводы $A_{Ктруб} = 15,72\%$.

В сумме последствия отказов перечисленных элементов показатель критичности составляет 35,2 % тяжести последствий (экономических и экологических) от всех отказов элементов гидросистемы. Если учитывать постепенные отказы РТИ (износ всех типов уплотнений), то показатель их критичности $A_{Крми}$ имеет значения до 20 %, что говорит о необходимости применения антидеградационных эластомеров и обеспечения чистоты рабочей гидрожидкости.

Проведенные исследования определяют инновационные подходы к проектированию структур гидропривода с устранением гидросвязей между гидроэлементами, особенно для лесных машин с большим содержанием указанных элементов.

Рукава высокого давления (РВД) в системе гидропривода с распределенными параметрами широкозахватного оборудования лесных машин являются основными монтажными соединениями магистральных гидролиний обвода шарниров соединений элементов оборудования, что и определяет их значительное количество.

Значительная вариация нагрузочных режимов РВД, проявляющая в значительном колебании давления гидрожидкости в процессе нагружения при оперировании с деревьями, в переходных процессах значительного количества переключений распределительных устройств (до 200 в час) и торможения движений оборудования, в условиях жесткости климатических факторов (в основном низкие температуры) определяют процесс интенсивной реологии (старения) РВД. Многофакторный анализ причин их старения позволяет констатировать необратимость

процессов деградации их свойств и рабочих параметров в условиях знакопеременного динамического нагружения изнутри давлением гидрожидкости, ее влиянием на химическую релаксацию резины РТИ и РВД (хемосорбцию), влияние растворенного в гидрожидкости воздуха на разрыв рабочих резиновых оболочек гидрошлангов.

Разработанные в УГТУ способы диагностирования и искусственного старения РВД по определению динамики развития в них деградационных процессов (патенты № 901676, 1255772, 1393945) позволили экспериментальным путем установить вариацию рабочих и диагностических параметров от наработки и климатических факторов [3].

Изменение радиальной податливости (упругой жесткости) РВД от наработки T (часы) по параметру объемной вместимости гидрожидкости Δq (см³) (например для РВД ВЗНП при $l = 1,0$ м; $d_{вн} = 0,025$ м; $P_{раб} = 15$ МПа) составляет соответственно: $T = 0$ (новый), $\Delta q = 16,57$ см³; $T = 70$ часов, $\Delta q = 18,6$ см³; $T = 90$ часов, $\Delta q = 20,37$ см³. По динамике изменения этого диагностического параметра (Δq) можно прогнозировать предельное состояние РВД, остаточный ресурс и назначение дальнейшего использования, чтобы избежать аварийных ситуаций разрыва РВД и экологических последствий от загрязнения среды применения машин.

Качественный анализ вариации рабочих параметров РВД по диагностическому параметру – частоте собственных колебаний f_c по результатам экспериментальных исследований позволяет также установить комплексную динамику проявления деградационных процессов снижения их надежности.

Соответственно для РВД с параметрами $d_{вн} = 0,016$ м; $l = 0,5$ м; 1,2 м; 1,7 м под динамической нагрузкой колебания давления гидрожидкости $P_{раб} = 20 \pm 5$ МПа, при $t = +20^\circ\text{C}$ в зависимости от наработки $T = 0$; 70 часов; 140 часов; 210 часов; 280 часов (непрерывный интенсивный режим старения при частоте 4 Гц, т.е. 1 час нагружения равен $1,43 \cdot 10^4$ циклов изменения давления) изменение частоты собственных колебаний РВД f_c составляет

$$l = 0,5 \text{ м}; f_c = 60,5 \text{ Гц};$$

45 Гц; 35,5 Гц; 30,4 Гц; 28,3 Гц.
 $l = 1,2$ м; $f_c = 33,5$ Гц;
 45 Гц; 22 Гц; 18 Гц; 14,7 Гц; 13,1 Гц.
 $l = 1,7$ м; $f_c = 21,3$ Гц;
 10 Гц; 8 Гц; 6,4 Гц; 5,3 Гц.

При низкой температуре (-45°C) динамика деградации материала резины РВД по замеряемому параметру – частоте собственных колебаний f_c более интенсивна и отражается в виде: для $l = 0,7$ м; $f_c = 45,3$ Гц; 24,0 Гц; 17 Гц (соответственно $T = 0$ часов (новый); $T = 70$ часов, $T = 140$ часов). На рис. 1 приведено изменение $f_c = f(T)$ рукавов высокого давления.

Это позволяет судить об увеличении скорости старения резины РВД в условиях отрицательной температуры. Следует отметить, что диапазон изменения частоты вынужденных внешних воздействий на технологическое оборудование в процессе оперирования с деревом составляет от 4,26 Гц до 57,8 Гц, что приводит к параметрическому резонансу системы РВД – гидрожидкость. Это также ускоряет процесс старения РВД.

Альтернативой упрощения гидросистемы гидрофицированных машин любого назначения является применение материала-

лов с эффектом циклической памяти формы (МЭПФ), что позволяет исключить магистральные трубопроводы и РВД.

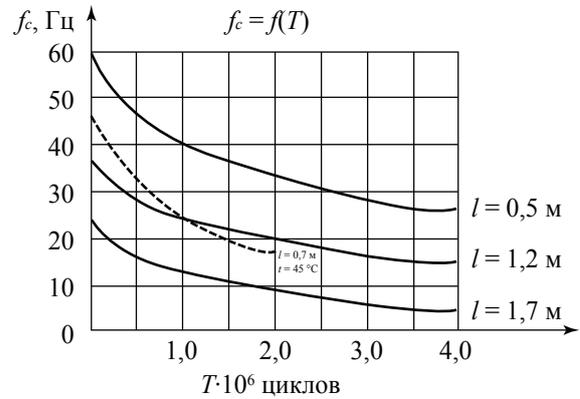


Рис. 1. Изменение частоты собственных колебаний f_c РВД

Это перспективное направление, находящееся в научной и конструктивной разработке, позволит создать принципиально новое решение упрощения гидропривода машин. Применение МЭПФ существенным образом позволит решить проблему снижения количества элементов гидросистемы (исключаются насосы, распределительные устройства, магистральные, сливные, дренажные трубопроводы и другие элементы).

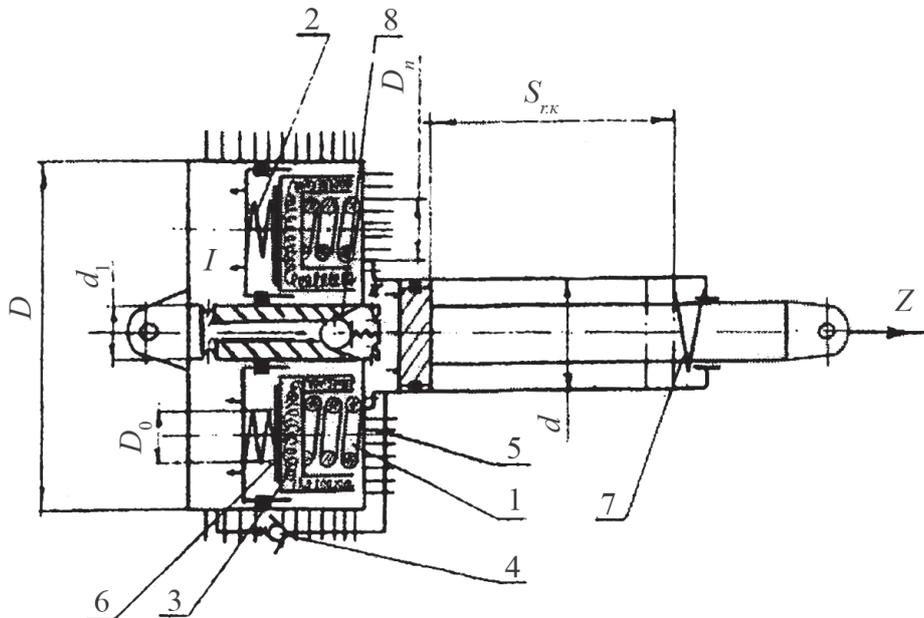


Рис. 2. Расчетная схема гидроцилиндра одностороннего действия: 1 – пружины из материала с ЭПФ; 2 – обычная пружина; 3 – нагревательный элемент; 4 – обратный клапан с электроуправлением; 5 – радиатор охлаждения; 6 – термоизоляция; 7 – пружина возврата поршня (для грейфера или механизма поворота); 8 – впускной клапан

Новые решения в прикладном применении МЭПФ позволяют создать новый тип силовых исполнительных гидроэлементов (гидроцилиндров одностороннего действия) с обратным ходом от веса оборудования или пружин возврата штока и других элементов (распределительные устройства, аварийные устройства предотвращения выброса гидрожидкости в среду применения машин традиционных структур гидропривода и т.д.), а главное, применить структуру гидропривода с управлением ее свойств на базе промышленного бортового компьютера машины, что позволит оптимизировать систему управления и мониторинга параметров гидроэлементов. С применением ЭВМ оперативно решаются вопросы диагностирования в функциональном режиме наиболее критичных элементов гидросистемы.

Примеры применения МЭПФ в гидроцилиндрах гидросхемы описаны в работе [4] и на рис. 2.

Это позволяет сформулировать более оптимальный подход к проектированию структур гидропривода оборудования лесозаготовительных машин, заключающийся, например, в применении гибридных структур гидропривода, т.е. в виде сочетания традиционной структуры (насос – распределитель – вращающиеся силовые исполнительные гидроагрегаты) в виде гидроагрегатов с применением принципа резервирования гидроэлементов и трансформации структуры при отказе функционально значимых гидроэлементов и новой структуры выполнения с применением электроуправления и конструктивного исполнения силовых гидроцилиндров на базе металлов с эффектом

циклической памяти формы (МЭПФ). Причем распределительные устройства по традиционной структуре могут содержать механизм переключения золотника управления потоками гидрожидкости также на базе МЭПФ с регулируемой гидравлической характеристикой с коррекцией от бортовой ЭВМ по автоматической системе его управления в зависимости от режима нагружения гидросистемы при технологическом использовании оборудования машины. Альтернативой применению МЭПФ для обеспечения повторного быстрого срабатывания силового гидроцилиндра может быть также использование в качестве автономного генератора давления гидрожидкости для его привода, на базе принципа «гидравлического рычага» (гидродомкрата), силовых электро-механических бустеров (типа МП-250).

Библиографический список

1. Тюкавин, В.П. Повышение надежности лесозаготовительной техники / В.П. Тюкавин, Ф.П. Попов. – М.: Лесная пром-сть, 1978. – 167 с.
2. Кубарев, А.И. Надежность в машиностроении / А.И. Кубарев. – М.: Изд. стандартов, 1989. – 224 с.
3. Дроздовский, Г.П. Обеспечение функциональной надежности элементов гидропривода оборудования лесных машин их тестовым диагностированием / Г.П. Дроздовский, В.И. Юсенхан // Актуальные проблемы лесного комплекса / под ред. Е.А. Памфилова. Сб. научн. трудов по итогам междунар. научно-технической конференции. Выпуск 21. – Брянск: БГИТА, 2008. – С. 200–206.
4. Дроздовский, Г.П. Использование материалов с эффектом памяти формы в гидроцилиндрах системы гидропривода лесных машин / Г.П. Дроздовский, И.Н. Андронов, М.Н. Коновалов // Обоснование технических решений и параметров лесосечных машин: сборник научных трудов СПбЛТА им. С.М. Кирова. – СПб: ЛТА, 2003. – С. 42–47.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОТКАЗОВ РУКАВОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ МАШИН ФИРМЫ ДЖОН ДИР В УСЛОВИЯХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Ф.А. ДАЦ, *асп. каф. технологии машиностроения и ремонта МГУЛ,*

А.С. НАЗАРЕНКО, *проф. каф. технологии машиностроения и ремонта МГУЛ, канд. техн. наук*

dac_fedor@mail.ru

При анализе работы зарубежных тракторов Джон Дир в условиях Вологодской области было установлено, что производительность техники находится на достаточно

высоком уровне при работе в лесу, но результат мониторинга тракторов показывает, что наибольшее количество отказов приходится на гидравлическую систему (рис. 1), 39 %

от всех отказов. Определяющей причиной отказов являются почвенно-климатические условия: болотистые и вязкие грунты, пониженная температура[1]. Анализ отказов гидросистемы, представленный на рис. 1, показал, что большая доля отказов происходит из-за разрыва РВД 56 %.

Анализ диаграммы (рис. 1) отказов рукавов высокого давления зарубежной лесозаготовительной техники Джон Дир показывает, что более 38 % причин отказов РВД вызваны дефектами армирования – разрывы в районе фитинга из-за неправильной опрессовки; более 35 % отказов вызваны выбором неправильной длины РВД либо неправильной прокладкой шланга.

Визуальный анализ характера износа, приведенный на рис. 2 а,в, свидетельствует, что причинами износа наружного защитного слоя РВД является истирание о ветки и раму трактора за счет вибрационных воздействий, представленных на (рис. 2 в,г). Повреждения первичного силового слоя РВД приводят к разрыву в районе фитинга при несвоевременной замене. В случае разрыва одного рукава высокого давления потери гидравлического масла могут составить от пяти до тридцати

литров, в зависимости от давления в системе. Стоимость одного литра специализированного гидравлического биоразлагаемого (рекомендованного фирмой Джон Дир) масла составляет в среднем 227,3 руб. за литр.

Рукава высокого давления (РВД) предназначены для применения в качестве гибких соединительных трубопроводов в гидросистемах. Рукава должны состоять из слоев: внутреннего резинового, защитного текстильного, четырех силовых из латунированной проволоки, промежуточных резиновых и наружного резинового. Схема рукава с указанием направления навивок приведена на рис. 2 [2].

Качество РВД является одной из немаловажных причин безремонтной эксплуатации техники. Гидравлические рукава высокого давления универсальные соответствуют требованиям международных стандартов ГОСТ, DIN, EN, ISO, SAE. Гидравлические рукава высокого давления специальные обладают повышенными эксплуатационными характеристиками по таким параметрам, как экстремальные температурные условия, износостойкость к абразивному износу, жаростойкость, устойчивость к сверхвысоким давлениям

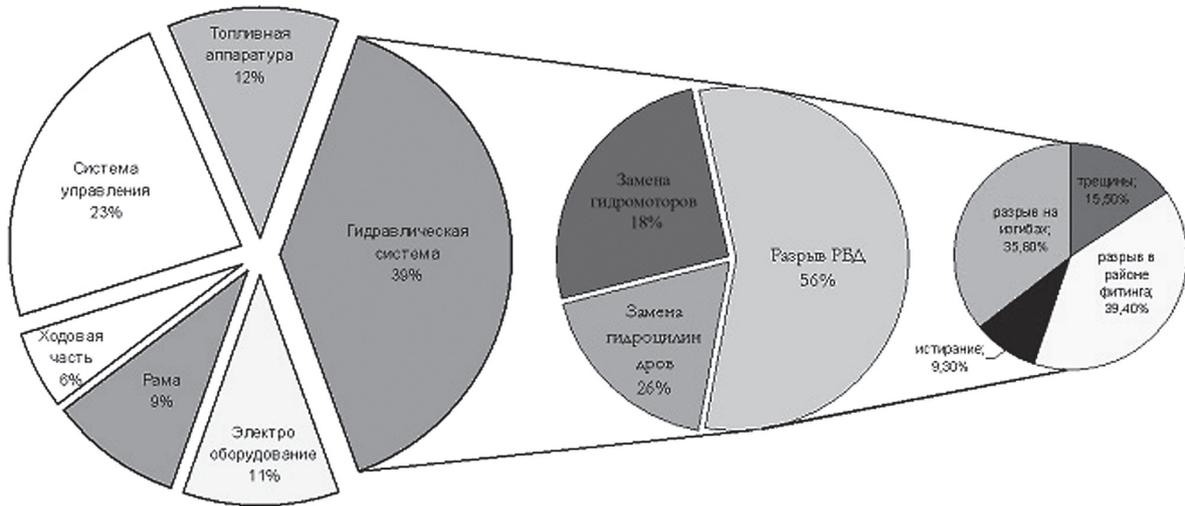


Рис. 1. Цепная диаграмма мониторинга отказов тракторов Джон Дир

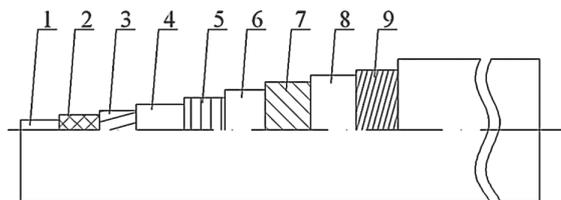
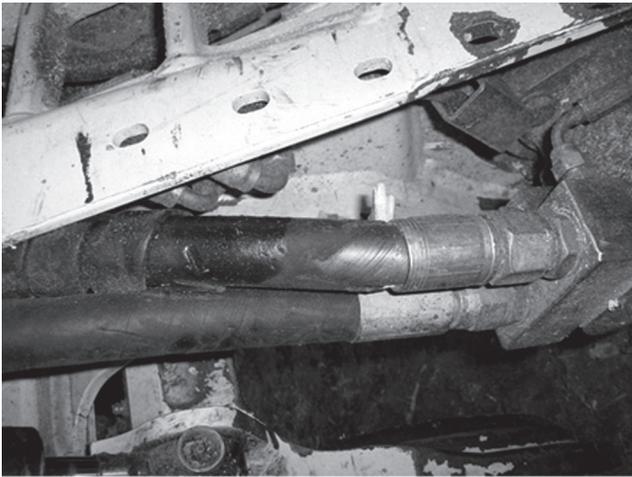
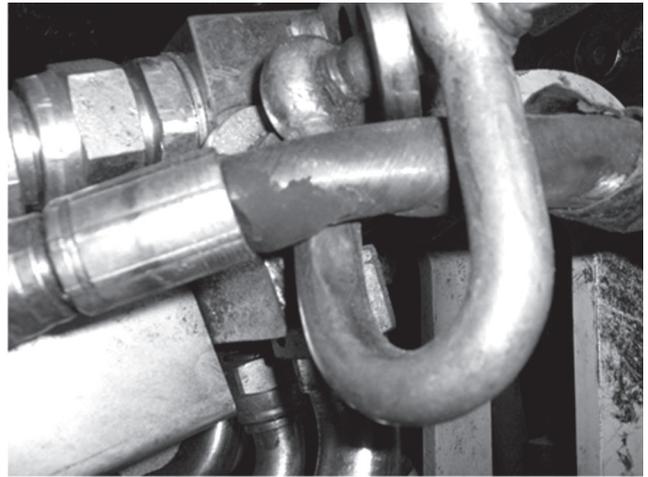


Рис. 2. Визуальный анализ отказов РВД зарубежной лесозаготовительной техники Джон Дир



а) износ наружного защитного слоя РВД



б) износ наружного защитного слоя РВД



в) разрыв первичного силового слоя РВД



г) разрыв первичного силового слоя РВД

Рис. 4. Факторы, влияющие на срок службы рукава высокого давления

В свою очередь долговечность РВД зависит не только от качества рукава, но и от:

1) конструкции фитинга (ниппеля) и технологии его установки; 2) использования защит РВД; 3) условий эксплуатации; 4) правильного способа прокладки и выбора оптимальной длины РВД.

Фитинг (ниппель) – элемент трубопровода, служащий для соединения его отдельных частей между собой. Фитинги – это сборочные устройства, предназначенные для соединения рукавов высокого давления (РВД) и присоединения их к другим гидроузлам. Фитинги являются неотъемлемой частью любой гидравлической системы. Они соединяют различные элементы трубопровода между собой при помощи резьбы. Резьба нарезается на внутренней и внешней части фитингов и труб. Фи-

тинги устанавливаются в местах разветвления трубопровода, поворотов, переходов на другой диаметр, а также для герметичного перекрытия трубопровода и других вспомогательных целей. **Защита покрытия шланга РВД от повреждений:** порезов, износа и эрозии – способна значительно продлить срок его службы. Большой вред может нанести гидравлическому шлангу абразивный износ. Для защиты от этого вида износа выпускаются специальные абразивоустойчивые рукава высокого давления и защитные оболочки для стандартных шлангов (рукава, спирали). Каждый шланг имеет определенный срок службы в зависимости от условий, в которых он эксплуатируется. Если он подвергается нагрузкам, превышающим рекомендованный лимит, срок службы будет значительно короче.

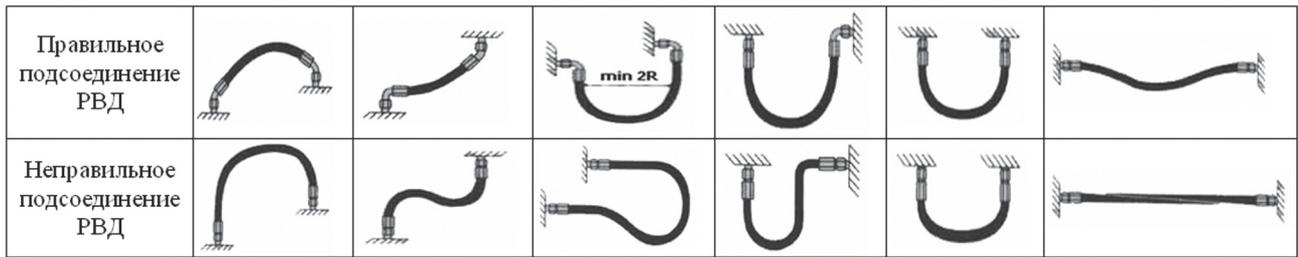


Рис. 5. Способы установки РВД



Рис. 6. Анализ срока службы РВД тракторов Джон Дир в условиях Вологодской области

При анализе отказов РВД тракторов Джон Дир в условиях Вологодской области было установлено, что определяющей причиной немалой доли отказов является истирание за счет вибрационных нагрузок. Чтобы предотвратить такие виды отказов, стоит особое внимание уделять правильной длине и правильным способам прокладки РВД при его замене.

Необходимо правильно выбрать длину шланга, принимая во внимание вибрацию, скручивание и способ установки РВД, рис. 5 [4].

Для достижения максимальной производительности лесных машин и сокращения простоев, вызванных отказами РВД, необходимо учитывать факторы, влияющие на срок службы рукавов высокого давления (рис. 4).

Чтобы защитить, направить шланг, а также минимизировать риск повреждения, необходимо использовать крепежи, адаптеры, защитные рукава там, где нужно предотвратить чрезмерное скручивание, натяжение, образование петель, обрыв, перетяжки и коррозию. Регулярность осмотра РВД заключается в оценке характера и условий эксплуатации, прошлого опыта использования и данные производителя, чтобы определить частоту визуального осмотра [3].

На основании исследования и анализа отказов для защиты и минимизации риска повреждений можно рекомендовать визуальный осмотр (шлангов и фитингов). Он сводится к

проверке шлангов и фитингов на предмет негерметичности; повреждений, трещин, износа покрытия; повреждения усиления шланга; петель, сплющивания, скручивания, сминания шланга; излишней жесткости, неэластичности, прогорания или обугливания шланга; пузырей, расслаивания покрытия; трещин, повреждений, коррозии на фитингах; сползания фитинга со шланга; других признаков износа. Также при осмотре шлангов и фитингов необходимо проверить герметичность портов; повреждение или отсутствие крепежей, защитных рукавов, щитов; чрезмерное загрязнение вокруг шлангов; гидравлическую жидкость: уровень, тип, степень загрязнения, наличие воздуха.

Анализ срока службы РВД (рис. 6) в условиях Вологодской области у тракторов Джон Дир показал, что средняя наработка на отказ рукавов высокого давления составляет 312,89 моточасов. Срок службы одного рукава высокого давления с учетом всех воздействующих факторов составляет около 516,7 моточасов.

Таким образом, профилактический осмотр **РВД и фитингов** с учетом вышеизложенных факторов сократит вынужденные простои гидравлической системы зарубежных лесозаготовительных тракторов, что будет способствовать поддержанию максимальной работоспособности, снизит риск повреждения и сократит потери гидравли-

ческого масла. Анализ средней наработки на отказ и средней продолжительности срока эксплуатации и оценка таких факторов, как характер и условия эксплуатации, позволят определить частоту, регулярность осмотра и тестирования РВД зарубежной лесозаготовительной техники в условиях Вологодской области, которая составляет 233,7 моточасов в составе второго технического обслуживания.

Библиографический список

1. Дац, Ф.А. Анализ влияния системы Ч-М-С на надежность техники Джон Дир в условиях Вологодской области / Ф.А. Дац, А.С. Назаренко // Вестник МГУЛ. – Лесной Вестник № 4(61). – 2008. – С. 51–58.
2. ГОСТ 6286-73. «Основные размеры и параметры неармированных рукавов высокого давления».
3. <http://www.markwel.ru>
4. <http://www.rvdsz.ru>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ УУКМ В ПОДШИПНИКАХ СКОЛЬЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В.Ю. ПРОХОРОВ, доц. каф. технологии машиностроения и ремонта МГУЛ, канд. техн. наук, А.И. РОДИОНОВ, доц. каф. прикладной математики МГУЛ, канд. техн. наук

prohorovv@yandex.ru; rodionovai@inbox.ru

Для определения толщины УУКМ в подшипниках скольжения технологического оборудования необходимо учитывать ряд специфических особенностей УУКМ, таких как высокий уровень анизотропии и неоднородность материала. Перечисленные особенности не позволяют в данном случае использовать результаты, полученные применительно к конструкциям, выполненным из изотропных материалов (в частности металлов).

Анализ напряженно-деформированного состояния вала и втулки требует решения контактной задачи. В рассматриваемом случае, поскольку модуль Юнга стали, равный $2 \cdot 10^5$ МПа, на порядок превышает модуль Юнга УУКМ в кольцевом направлении и на два порядка в радиальном направлении, можно считать, что ось (вал) и внешняя металлическая оболочка являются абсолютно жесткими.

Условная схема конструкции, которая используется при проведении анализа, представлена на рис. 1.

Предполагается, что по внешнему контуру втулки жестко заделана. При анализе напряженно-деформированного состояния считается, что втулка находится в условиях плоского деформированного состояния. Обозначим через Δa зазор между валом и втулкой. Уравнения равновесия втулки в цилиндрической системе координат имеет вид [1]

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_r}{r} + \frac{1}{r} \times \frac{\tau_{r\theta}}{\theta} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} &= 0, \\ \frac{\tau_{r\theta}}{r} + \frac{1}{r} \times \frac{\sigma_\theta}{\theta} + \frac{2 \times \tau_{r\theta}}{r} &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь $\sigma_r, \sigma_\theta, \tau_{r\theta}$ – радиальное, кольцевое и сдвиговое напряжения соответственно.

Граничные условия имеют вид на внешней поверхности

$$U_{r|r=b} = 0; U_{\theta|r=b} = 0, \quad (2)$$

где U_r, U_θ – радиальное и кольцевое перемещения.

На внутренней поверхности, пренебрегая касательными напряжениями в зоне контакта вала и втулки, имеем

$$\tau_{r\theta|r=a} = 0; \sigma_{r|r=a, \theta_* < |\theta| < \frac{\pi}{2}} = 0;$$

$$\begin{aligned} U_{r|r=a, 0 < |\theta| < \theta_*} &= \delta \times \cos(\theta) - \Delta a \times (1 - \cos(\theta)) = \\ &= -\Delta a + (\Delta a + \delta) \times \cos(\theta). \end{aligned} \quad (3)$$

Связь между напряжениями и деформациями для углеродного материала, образованного намоткой углеродного наполнителя

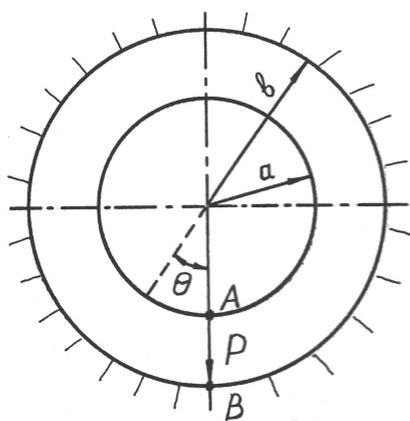


Рис. 1. Расчетная схема втулки подшипника

на оправку имеет вид (с учетом плоского деформированного состояния)

$$\varepsilon_v = \beta_{11}\sigma_v + \beta_{12}\sigma_\theta; \varepsilon_\theta = \beta_{12}\sigma_v + \beta_{22}\sigma_\theta; \gamma_{v\theta} = \beta_{66}\tau_{v\theta}, \quad (4)$$

где

$$\beta_{ij} = a_{ij} - \frac{a_{i3}a_{j3}}{a_{33}},$$

a_{ij} – коэффициенты податливости материала втулки, которые выражаются через технические (упругие) постоянные по формулам

$$a_{11} = \frac{1}{E_\gamma}; a_{22} = \frac{1}{E_\theta}; a_{33} = \frac{1}{E_z}; a_{12} = -\frac{\nu_{r\theta}}{E_\theta}; a_{13} = -\frac{\nu_{rz}}{E_z}; a_{23} = -\frac{\nu_{\theta z}}{E_z}; a_{66} = \frac{1}{G_{r\theta}}. \quad (5)$$

Остальные компоненты матрицы a_{ij} равны нулю.

Здесь E_r, E_θ, E_z – модули Юнга материала втулки в радиальном, кольцевом и осевом направлениях соответственно;

$\nu_{r\theta}, \nu_{rz}, \nu_{\theta z}$ – коэффициенты Пуассона;
 $G_{r\theta}$ – модуль сдвига в плоскости $r\theta$.

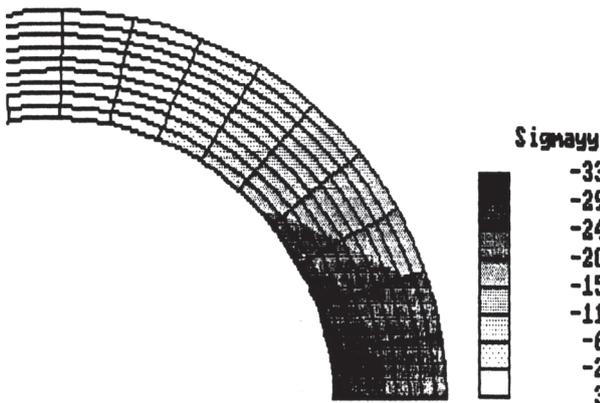


Рис. 2. Распределение радиальных напряжений во втулке при $b/a = 1,4$ и $\Delta a = 0$

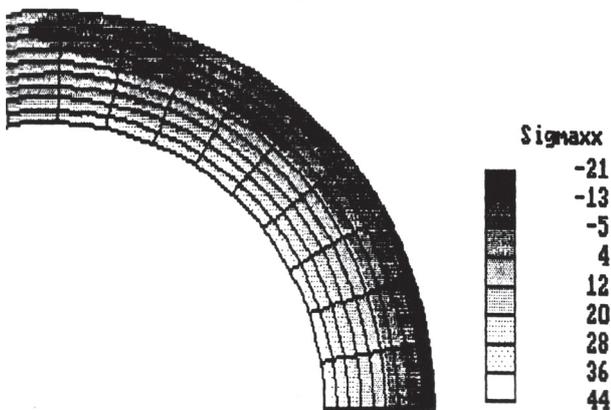


Рис. 3. Распределение кольцевых напряжений во втулке при $b/a = 1,4$ и $\Delta a = 0$

Напряженно-деформированное состояние втулки полностью определяется при решении задачи теории упругости (1–5). Однако данная задача является существенно нелинейной, поскольку размеры области контакта неизвестны. Вследствие этого аналитическое решение данной задачи затруднительно и для ее решения необходимо использовать численные методы.

Наиболее приемлемым и широко используемым численным методом решения задач теории упругости является метод конечных элементов, к достоинствам которого следует отнести возможность решения краевых задач для областей сложной формы, точное выполнение граничных условий первого и второго рода, а также простоту учета свойств материала от координат и температуры.

Для решения задачи определения напряженно-деформированного состояния втулки использовался метод конечных элементов в форме перемещений. При аппроксимации полей перемещений во втулке использовались восьмиузловые изопараметрические конечные элементы [2].

При проведении численного анализа работоспособности втулки строились зависимости напряженного состояния втулки и суммарной силы, действующей на вал от безразмерного перемещения вала b/a при различных величинах внешнего радиуса втулки b и зазора между валом и втулкой Δa . На рис. 2 и 3 представлены типичные распределения радиальных и кольцевых напряжений в зоне контакта вала и втулки при $b/a = 1,4$ и $\Delta a = 0$.

Из приведенного распределения следует, что наиболее сжимающие радиальные и растягивающие кольцевые напряжения возникают на внутренней поверхности втулки в точке контакта с валом (точка А на рис. 1). Наибольшие сжимающие кольцевые напряжения возникают на внешней поверхности втулки в точке В (рис. 1). Как показал проведенный анализ, сдвиговые напряжения во втулке невелики и не влияют на ее работоспособность.

На рис. 4 представлена типовая зависимость суммарного погонного усилия, действующего на вал, от перемещения вала при различных значениях внешнего радиуса втулки b

и нулевом зазоре между валом и втулкой Δa . С ростом внешнего радиуса суммарное усилие, действующее на вал при одном и том же значении перемещения вала δ , уменьшается в силу того, что возрастает податливость втулки.

Типичные распределения сжимающих радиальных напряжений и кольцевых напряжений в точке А (рис. 1) от перемещения вала

при $\Delta a = 0$ и различных значениях внешнего радиуса b представлены на рис. 6 и 7 соответственно. Значения радиальных напряжений сильно зависят от отношения радиусов втулки b/a . С ростом параметра b/a радиальные напряжения быстро убывают. С другой стороны, кольцевые напряжения слабо зависят от отношения радиусов втулки b/a .

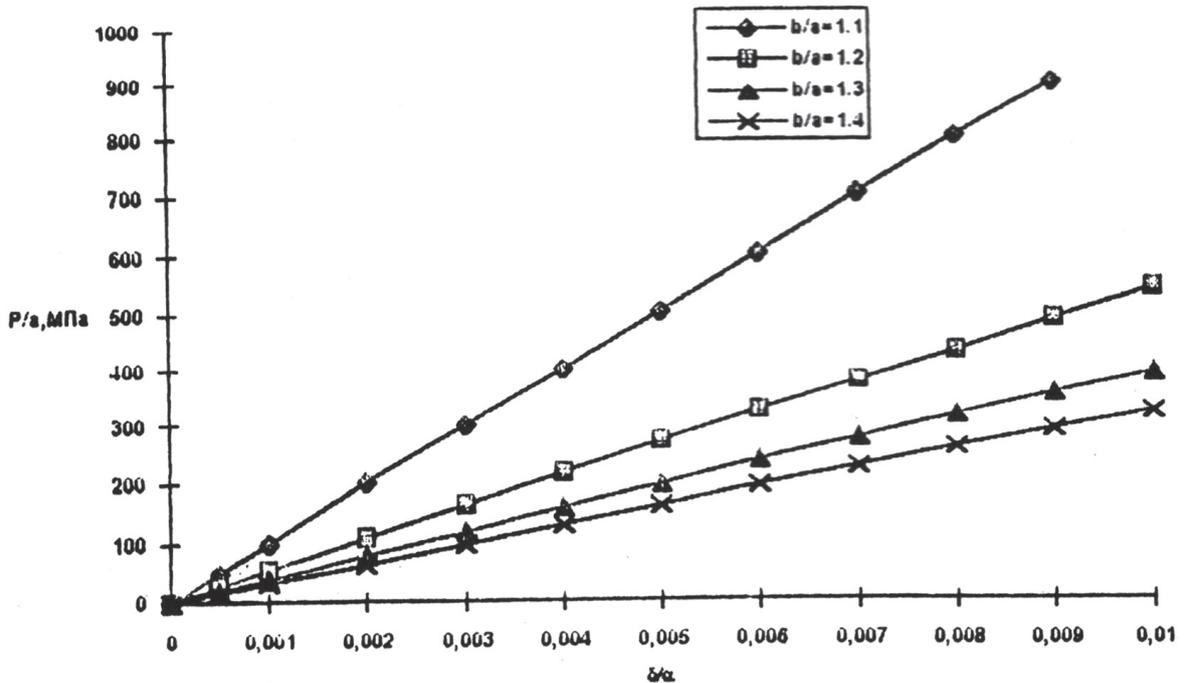


Рис. 4. Зависимость суммарного усилия, действующего на вал от перемещений вала

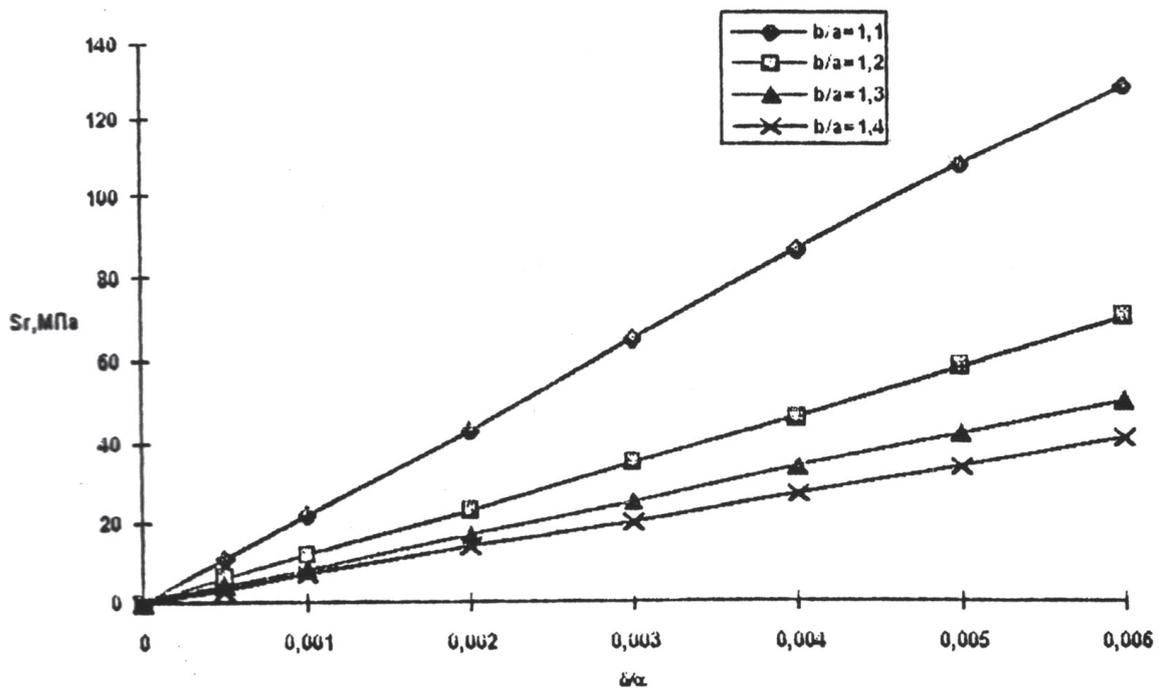


Рис. 5. Зависимость сжимающих радиальных напряжений в точке А от перемещений вала

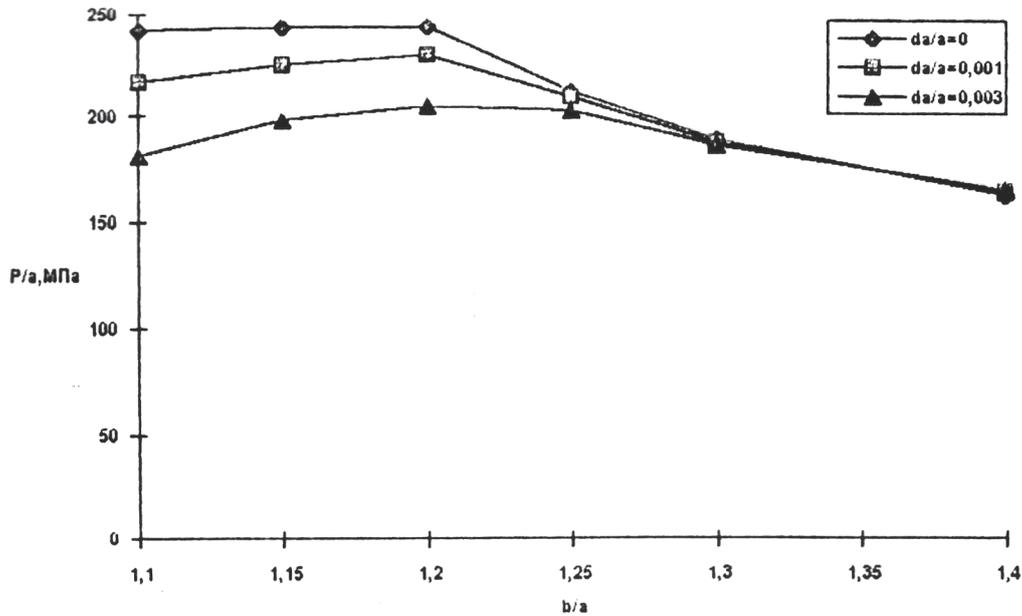


Рис. 6. Зависимость максимально допустимых усилий на вал от отношения радиусов втулки

При анализе работоспособности втулки необходимо также учитывать напряжения, возникающие в результате запрессовки втулки в металлическую обойму. В силу осевой симметрии конструкции и характера воздействующих нагрузок напряжения будут зависеть только от радиуса и определяются в результате решения следующей задачи теории упругости

$$\frac{d\sigma_r}{dr} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} = 0;$$

$$\varepsilon_r = dU_r/dr = \beta_{11}\sigma_r + \beta_{12}\sigma_\theta = U_r/r = \beta_{12}\sigma_r + \beta_{22}\sigma_\theta.$$

При граничных условиях $\sigma_{(r=a)} = 0$.

$$U_{(r=b)} = -\Delta b.$$

При анализе работоспособности втулки использовался критерий максимальных напряжений, который удовлетворительно описывает прочностные свойства углеродных композитов в условиях многоосного напряженного состояния. Таким образом, допустимые напряжения должны удовлетворять следующим условиям:

$$\begin{aligned} -\sigma_r^c \leq \sigma_r \leq \sigma_r^p \\ \leq \sigma(p) \\ \|\tau_{r\theta}\| \leq \tau_{r\theta}^{\Pi} \end{aligned}$$

где $\sigma_r^c, \sigma_\tau^c$ – предельные напряжения при сжатии в радиальном и кольцевом направлениях соответственно;

$\sigma_r^p, \sigma_\tau^p$ – предельные напряжения при растяжении в радиальном и кольцевом направлениях соответственно;

$\tau_{r\theta}^{\Pi}$ – предельные напряжения при сдвиге в плоскости $r\theta$.

При оценке работоспособности втулки использовались следующие значения предельных напряжений:

$$\begin{aligned} \sigma_r^c = \sigma_\tau^c = 52 \text{ МПа}; E_z = 1,7 \cdot 10^4 \text{ МПа}; \\ \nu_{r\theta} = \nu_{rz} = 0,25; \\ \sigma_r^p = 5 \text{ МПа}; E_\downarrow (= 2,2 \times [(10)]^4 \text{ МПа}; \\ \nu_\downarrow (z = 0,06); \\ \sigma_\downarrow (\uparrow p = 31 \text{ МПа}; E_r = 2,0 \cdot 10^3 \text{ МПа}; \\ G_\downarrow r (= 0,8 \times [(10)]^3 \text{ МПа}; \end{aligned}$$

При небольших значениях отношения радиусов втулки b/a работоспособность втулки определяется максимально допустимым радиальным сжимающим напряжением σ_r^c . С ростом отношения радиусов втулки b/a радиальные напряжения быстро убывают и при $b/a = 1,2$ происходит смена механизма разрушения втулки и ее работоспособность определяется кольцевыми напряжениями и зависит от соотношения предельных кольцевых напряжений при сжатии $\sigma_\downarrow (\uparrow c$ и растяжении $\sigma_\downarrow (\uparrow p$, причем в данном случае натяг в соединении втулки и металлической обоймы выбирается таким образом, чтобы растягивающие кольцевые напряжения в точке А (рис. 1) и сжимающие кольцевые напряжения в точке В (рис. 1) были равны своим предельно допустимым значениям.

На рис. 6 представлены зависимости максимально допустимого погонного усилия

P , действующего на вал от отношения радиусов втулки b/a при различных величинах зазора между валом и втулкой Δa . Все кривые, приведенные на рис. 6, имеют максимум при $b/a = 1,2$. Таким образом, на этих кривых можно выделить два участка: $b/a \leq 1,2$ и $b/a \geq 1,2$. На первом участке предельно допустимые значения погонного усилия, действующего на вал, возрастают с ростом отношения радиусов втулки b/a . На втором участке предельно допустимые значения погонного усилия достаточно быстро убывают с ростом отношения радиусов втулки b/a .

Кривые, представленные на рис. 6, позволяют выбирать оптимальные значения

внешнего диаметра втулки в зависимости от воздействующих нагрузок. Максимальную нагрузку может выдержать втулка, отношение радиусов которой равно 1,2. Использовать втулки с большим соотношением радиусов бессмысленно ввиду высокой стоимости материала втулки и вследствие того, что предельно допустимая нагрузка не достигает своего максимума.

Библиографический список

1. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности / Г.С. Варданян, В.И. Андриев, Н.М. Атаров и др. – М.: Машиностроение, 1995.
2. Сегерлинд, Л. Применение метода конечных элементов / Л. Сегерлинд. – М.: Мир, 1979.

ДИНАМИКА ВАЛОЧНО-ПАКЕТИРУЮЩЕЙ МАШИНЫ В РЕЖИМЕ ПРЕОДОЛЕНИЯ ПРЕПЯТСТВИЯ МЕТОДОМ «ВЫВЕШИВАНИЯ»

О.Н. БУРМИСТРОВА, Ухтинский ГТУ, д-р техн. наук,
Н.Р. ШОЛЬ, Ухтинский ГТУ, канд. техн. наук,
Н.Н. ТРАВИН, асп. Ухтинского ГТУ

info@ugtu.net

Прием «вывешивания» ходовой системы валочно-пакетирующей машины применяется при преодолении препятствий значительной высоты. Происходит он в следующей последовательности: вначале машинист наезжает на препятствие гусеницами, затем приводится в действие стрела манипулятора до упора захватно-срезающего устройства в грунт. За счет реактивной силы стрела поднимает вверх переднюю часть ходовой системы над препятствием. Включением гусениц ВПМ преодолевает препятствие.

Рассмотрим нагруженность силовой установки валочно-пакетирующей машины (ВПМ) в этом процессе. Принятые обозначения: I_1 – момент инерции кривошипно-шатунного механизма, маховика, сцепления и шестерен гидронасоса; I_2^0 – момент инерции валочно-пакетирующей машины относительно оси поворота, проходящей через опоры задних катков; I_2 – момент инерции ВПМ, приведенный к коленчатому валу; φ_1, φ_2 – угловые перемещения масс соответственно с моментами инерции I_1 и I_2 ; C_T – приведенная жесткость гидropередачи привода стрелы;

c_{12} – приведенная (к коленчатому валу) крутильная жесткость коленчатого вала, гидropередачи и металлоконструкции манипулятора; β_{12} – упруго-вязкий коэффициент пропорциональный скорости (параметр затухания); M_d – крутящий момент, отбираемый от двигателя для привода гидронасоса; G – сила тяжести машины; ρ – расстояние от центра тяжести ВПМ до оси поворота; P – усилие на штоках гидроцилиндров привода стрелы; r – плечо силы P ; L – вылет манипулятора.

Допущения:

- физико-механические свойства упругих связей постоянны;
- движение масс описывается линейными дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами;
- величины r и L на пусковых режимах постоянны.

Кинетическая энергия системы

$$T = I_1 \frac{\dot{\varphi}_1^2}{2} + I_2 \frac{\dot{\varphi}_2^2}{2}.$$

Потенциальная энергия системы

$$П = \frac{1}{2} c_{12} (\varphi_1 - \varphi_2)^2.$$

Диссипативная функции Рэлея

$$\Phi = \frac{1}{2} \beta_{12} (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2)^2.$$

В соответствии с уравнением Лагранжа II-го рода имеем

$$\begin{aligned} I_1 \ddot{\varphi}_1 + \beta_{12} (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + c_{12} (\varphi_1 - \varphi_2) &= M_D, \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 + G' \cdot \rho / i_{II} &= \beta_{12} (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + c_{12} (\varphi_1 - \varphi_2), \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь $G' = G \cdot \cos \alpha$

Умножим уравнение (1) системы (1) на I_2 , а уравнение (2) на I_1 и вычтем из первого второе

$$\begin{aligned} I_1 \left[I_1 \ddot{\varphi}_1 + \beta_{12} (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + c_{12} (\varphi_1 - \varphi_2) \right] &= M_D I_1 \\ - I_2 \left[I_2 \ddot{\varphi}_2 + \frac{G' \cdot \rho}{i_{II}} \right] &= -I_2 \beta_{12} (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) - I_2 c_{12} (\varphi_1 - \varphi_2) \end{aligned}$$

$$I_1 I_2 (\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2) + (I_1 + I_2) \beta_{12} (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + (I_1 + I_2) c_{12} (\varphi_1 - \varphi_2) = I_2 M_D + I_1 \cdot G' \cdot \rho / i_{II}. \quad (2)$$

Преобразуя, получим

$$\begin{aligned} (\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2) + \frac{(I_1 + I_2) \beta_{12}}{I_1 I_2} (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + \frac{(I_1 + I_2) c_{12}}{I_1 I_2} (\varphi_1 - \varphi_2) &= \frac{M_D}{I_1} + \frac{G' \cdot \rho}{I_2 \cdot i_{II}}. \end{aligned} \quad (3)$$

Обозначим

$$A = \frac{(I_1 + I_2) \beta_{12}}{I_1 I_2}; \quad B = \frac{(I_1 + I_2) c_{12}}{I_1 I_2} \quad \text{и} \quad C = \frac{I_2 M_D + I_1 G' \cdot \rho / i_{II}}{I_2 I_1}.$$

Тогда уравнение (3) примет вид

$$(\ddot{\varphi}_1 - \ddot{\varphi}_2) + A(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + B(\varphi_1 - \varphi_2) = C. \quad (4)$$

Введя новую переменную

$$\theta_1 = (\varphi_1 - \varphi_2) - C / B, \quad (5)$$

получим однородное дифференциальное уравнение вида

$$\ddot{\theta}_1 + A \dot{\theta}_1 + B \theta_1 = 0. \quad (6)$$

Частное решение уравнения (4) будет $(\varphi_1 - \varphi_2) = C / B$ и представляет собой статическую нагрузку на силовую установку.

Характеристическое уравнение однородного уравнения имеет вид

$$x^2 + Ax + B = 0. \quad (7)$$

Отсюда корни уравнения будут

$$x_{1,2} = -\frac{A}{2} \pm \sqrt{\frac{A^2}{4} - B}. \quad (8)$$

Так как в реальных случаях $B \gg A^2/4$, то можно записать

$$x_{1,2} = -\alpha + ik,$$

где $i = \sqrt{-1}$, то есть решение однородного уравнения (6) может быть представлено как

$$\theta_1 = e^{-\alpha t} (C_1 \cos kt + C_2 \sin kt). \quad (9)$$

Общее решение уравнения (4) запишется в виде

$$\begin{aligned} (\varphi_1 - \varphi_2) &= e^{-\alpha t} (C_1 \cos kt + C_2 \sin kt) + \\ &+ \frac{I_2 M_D + I_1 \cdot G' \cdot \rho / i_{II}}{(I_1 + I_2) c_{12}}. \end{aligned} \quad (10)$$

Нагрузка на силовую установку определяется как

$$\begin{aligned} (\varphi_1 - \varphi_2) C_{12} &= C_{12} [e^{-\alpha t} (C_1 \cos kt + C_2 \sin kt)] + \\ &+ \frac{I_2 M_D + I_1 \cdot G' \cdot \rho / i_{II}}{I_1 + I_2}. \end{aligned} \quad (11)$$

Пример

Рассмотрим пример применительно к ВПМ ЛП-19А.

Исходные данные: $I_1 = 4,05 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $G' = 235,0 \text{ кН}$; $\rho = 1,68 \text{ м}$; $I_2^0 = 66326,4 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $n = 1300 \text{ об/мин}$ ($\dot{\varphi}_1 = 157 \text{ с}^{-1}$); $\dot{\varphi}_2^0 = 0,2 \text{ с}^{-1}$; $i_{II} = 157 / 0,2 = 785$; $I_2 = I_2^0 / i_{II}^2 = 0,11 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $c_{12} = 100 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $\beta_{12} = 0,20 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}$; $M_D = 620 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

1. Примем режим работы – разгон. Начальными условиями будут

$$\theta_1 \Big|_{t=0} = 0; \quad \dot{\theta}_1 \Big|_{t=0} = \dot{\varphi}_{оп},$$

где $\dot{\varphi}_{оп}$ – скорость разгона.

2. Используя начальные условия, находим постоянные C_1 и C_2 .

$$C_1 = 0; \quad C_2 = \dot{\varphi}_{оп} / k.$$

Здесь $\dot{\varphi}_{оп} = \dot{\varphi}_{оп} \cdot i_{II} = 0,1 \cdot 785 = 78,5 \text{ с}^{-1}$.

3. Определяем коэффициенты дифференциального уравнения (4)

$$A = \frac{(4,05 + 0,11) \cdot 0,2}{4,05 \cdot 0,11} = 1,84 \text{ с}^{-1};$$

$$B = \frac{(4,05 + 0,11) \cdot 100}{4,05 \cdot 0,11} = 933,78 \text{ 1/с}^2;$$

$$C = \frac{0,11 \cdot 620 + 4,05 \cdot 235000 \cdot 1,68 / 785}{4,05 \cdot 0,11} = 4725,16 \text{ 1/с}^2;$$

$$C/B = \frac{4725,16}{933,78} = 5,06 \text{ рад.}$$

4. Находим корни уравнения

$$x_{1,2} = -\frac{1,84}{2} \pm \sqrt{\frac{3,39}{4} - 924,44}$$

$$\alpha = -0,92; \quad k = 30,4i; \quad i = \sqrt{-1}$$

5. Используя выражение (11), рассчитываем динамическую нагрузку на силовую установку

$$(\varphi_1 - \varphi_2) c_{12} = 100 \cdot [e^{-0,92t} \frac{78,5}{30,4} \sin 30,4t +$$

$$+ \frac{0,11 \cdot 620 + 4,05 \cdot 235000 \cdot 1,68 / 785}{(4,05 + 0,11) \cdot 933,78}] \cong \\ \cong (258 + 506) \text{ Н} \cdot \text{м} .$$

Принято $t = (1 / 4) T$,

где $T = 2\pi / k = 6,28 / 30,4 \approx 0,21$ с.

Коэффициент динамичности нагрузки на силовую установку будет

$$K_d = (258 / 506) + 1 = 1,51.$$

6. Снижение числа оборотов силовой установки произойдет на

$$n' = n_{ном} - 9550 \frac{N_e}{M_\Sigma} = 1300 - 9550 \times \\ \times \frac{99,0}{(620 + 258)} = 1300 - 1077 = 223, \text{ об/мин.}$$

Здесь N_e – номинальная мощность силовой установки.

Таким образом, процесс преодоления препятствий значительной высоты методом «вывешивания» ходовой системы ВПМ сопровождается значительной динамической нагрузкой на силовую установку.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВАЛОЧНО-ПАКЕТИРУЮЩЕЙ МАШИНЫ

О.Н. БУРМИСТРОВА, Ухтинский ГТУ, д-р техн. наук,

Н.Р. ШОЛЬ, Ухтинский ГТУ канд. техн. наук,

Н.Н. ТРАВИН, асп. Ухтинского ГТУ

info@ugtu.net

Экспериментальные исследования лесосечных машин подразделяются на лабораторные и производственные.

Наиболее достоверную информацию дают производственные экспериментальные исследования с применением тензометрической аппаратуры. Однако во многих случаях трудоемкие производственные исследования частично или полностью могут быть заменены лабораторными исследованиями. В то же время при проведении лабораторных экспериментальных исследований необходимо обеспечить условия работы, адекватные или близкие к производственным.

Необходимо также учитывать и то, что при работе лесосечных машин их нагруженность во многом зависит от квалификации оператора. Поэтому для проведения экспериментальных исследований лесосечных машин необходимы опытные операторы.

Задачи экспериментальных исследований нагруженности валочно-пакетирующих машин (ВПМ) при разборе завалов леса после ветровалов можно свести к следующим:

1. Выявить реальные динамические характеристики и произвести оценку нагруженности ВПМ в процессе разбора завалов леса после ветровалов.

2. Проверить корректность принятых гипотез и допущений при математическом моделировании.

3. Разработать рекомендации по применению математического моделирования в инженерных расчетах.

4. Разработать рекомендации по использованию ВПМ на разборке завалов леса.

Измерительная и регистрирующая аппаратура. Исследования валочно-пакетирующих машин связаны с изменением изучаемых характеристик во времени, что вызывает необходимость фиксирования их на записывающем устройстве – осциллографе.

Выбор систем измерительных приборов зависит от характера регистрируемых процессов и типа электрических преобразователей сигналов в системах датчиков.

К аппаратуре и источникам питания при записи динамических процессов предъявляются следующие основные требования:

– безынерционность измерительной аппаратуры;

– безотказность в работе воспринимающих элементов;

– погрешность измерений не должна превышать $\pm 5\%$;

– частные характеристики датчиков должны находиться в соответствии с продолжительностью действия нагрузок и их величиной;

– измерительная и регистрирующая аппаратура не должны существенно оказывать влияние на параметры исследуемой машины и оператора;

– напряжение источников питания осциллографа и датчиков должно быть постоянным;

– собственная частота колебаний регистрирующего прибора должна быть не менее чем в 10 раз выше частоты вынужденных колебаний;

– аппаратура должна работать надежно и устойчиво;

– все элементы аппаратуры и источники питания должны быть защищены от влаги, пыли и механических повреждений.

Подготовка эксперимента. В подготовительные работы входит:

1. Проектирование и изготовление датчиков.
2. Тарирование датчиков.
3. Монтаж датчиков и аппаратуры на машине.
4. Подсоединение датчиков и регистрирующей аппаратуры к общей схеме.
5. Настройка аппаратуры.
6. Получение пробных осциллограмм и их анализ.

Проведение экспериментальных исследований. Последовательность проведения:

1. Определение необходимого числа опытов по пробным осциллограммам. Необходимое число опытов можно определить по формуле [1]

$$N = (xV)^2 / \varepsilon^2, \quad (1)$$

где x – коэффициент, равный 1,96 для принятой вероятности $P(x) = 0,95$;

V – мера изменчивости;

ε – показатель точности исследований.

Мера изменчивости V и показатель точности исследования ε определяются по выражениям

$$V = \frac{\bar{\delta}}{\bar{x}} \cdot 100\% \text{ и } \varepsilon = \frac{\delta_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где $\bar{\delta}$ – основное отклонение;

$\delta_{\bar{x}}$ – основная ошибка;

\bar{x} – среднее значение измеряемой величины.

Вышеперечисленные параметры определяются по формулам

$$\bar{\delta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2 n_i}{\sum_{i=1}^k n_i}}; \delta_{\bar{x}} = \frac{\bar{\delta}}{\sqrt{\sum_{i=1}^k n_i}}; \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i n_i}{\sum_{i=1}^k n_i}, \quad (3)$$

где x_i – значение измеренной величины;

n_i – количество измерений.

2. Фиксируемые параметры. При исследовании динамической нагруженности силовых установок валочно-трелевочных и валочно-пакетирующих машин в режиме разгона и стопорения при разборе завалов леса после ветровала основной задачей является определение динамических моментов в приводе «силовая установка–манипулятор» и «силовая установка–платформа с манипулятором» в зависимости от объемов пакетируемых деревьев и форсирования пусковых и тормозных (стопорящихся) режимов.

С этой целью целесообразно в процессе исследований указанных режимов фиксировать давление в гидролиниях привода элементов манипулятора, ЗСУ и платформы, что позволяет осуществить переход от давлений к моментам, воспринимаемым силовой установкой или манипулятором. Одновременно в целях установления связи между внешней нагрузкой, давлением в гидроприводе и частотой вращения вала силовой установки необходимо фиксировать и частоту вращения гидронасосов или гидромоторов машин. Кроме записи вышеперечисленных параметров для расшифровки осциллографических записей и контроля скоростных характеристик элементов технологического оборудования необходимо замерить угловые перемещения манипулятора и платформы.

В тех случаях, когда в процессе проведения лабораторного эксперимента величина вылета манипулятора и высота подъема облома над поверхностью земли постоянны и полностью определяют положение груза, стрелы и рукояти относительно друг друга, то в непрерывном их фиксировании необходимости нет. При одновременном перемещении нескольких элементов манипулятора целесообразно фиксировать все угловые перемещения.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ, ПРОШЕДШИХ КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ

П.А. МИХАЛИН, *асп. каф. электроэнергетики ЛК МГУЛ*

mihalin@mgul.ac.ru

Для совершенствования изготовления, а также ремонтного производства наиболее перспективным видом испытаний турбокомпрессоров (ТКР) дизельных двигателей на долговечность являются стендовые испытания. Основным преимуществом стендовых испытаний над эксплуатационными или полигонными является сокращение сроков получения информации при достаточно высокой степени достоверности.

Обкатка и испытание турбокомпрессоров производится на специализированных стендах. Данные стенды используются для испытания на надежность. Классификация стендов для испытания турбокомпрессоров и их составных элементов на надежность показана на рис. 1.

Рассмотрим более детально безмоторные стенды для холодных и горячих ис-

пытаний. Безмоторный стенд производства Мелитопольского завода турбокомпрессоров «МТЗк – Турбоком» содержит средства для холодной прокрутки и балансировки турбокомпрессора в сборе на собственных опорах и контрольно-измерительную аппаратуру. Данный стенд предназначен для холодных испытаний турбокомпрессоров и включает в себя станок БВИ-03-09Т для устранения динамической неуравновешенности роторов турбокомпрессоров. Контрольно-измерительная аппаратура стенда состоит из измерительного прибора ПБ-02М с микропроцессором и жидкокристаллическим индикатором параметров вращения ротора. Недостатком представленного стенда является невозможность испытания турбокомпрессоров при горячей обкатке во всем диапазоне рабочих режимов.

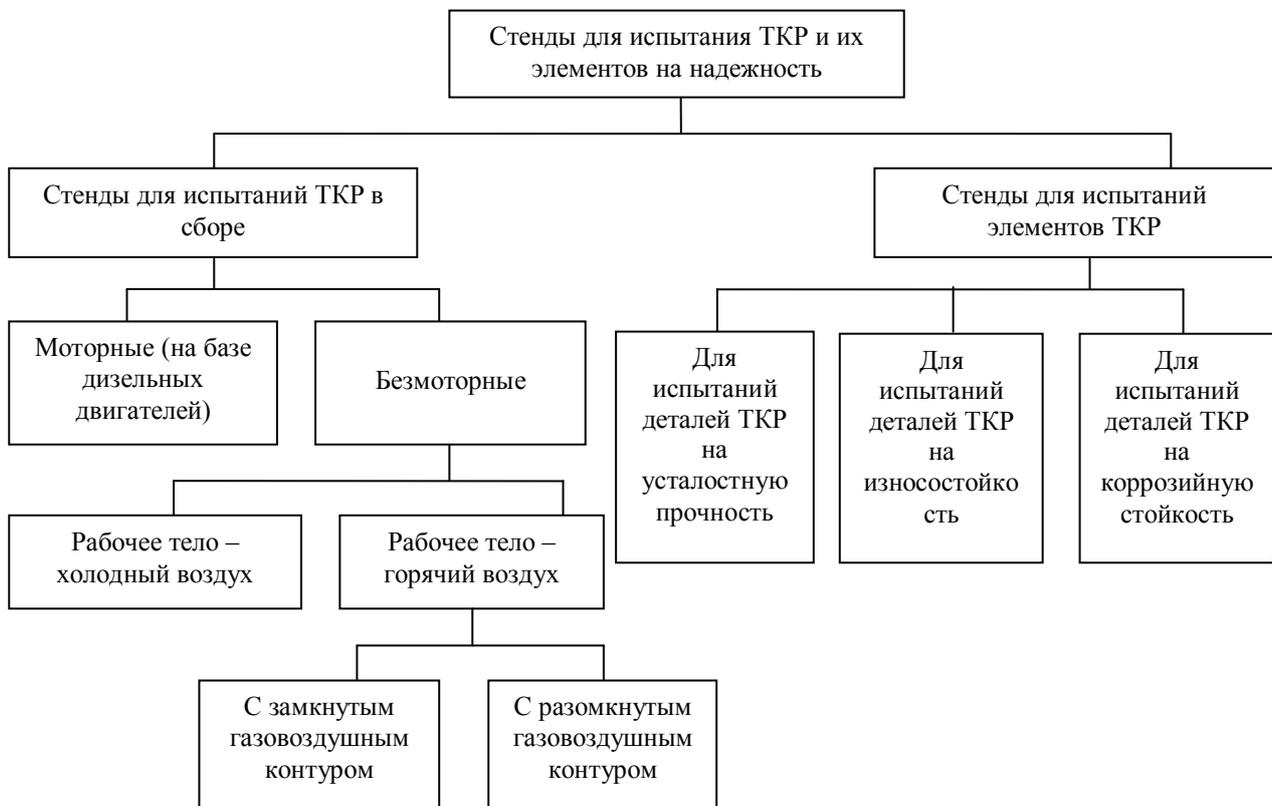


Рис. 1. Классификация стендов для испытания турбокомпрессоров и их элементов на надежность

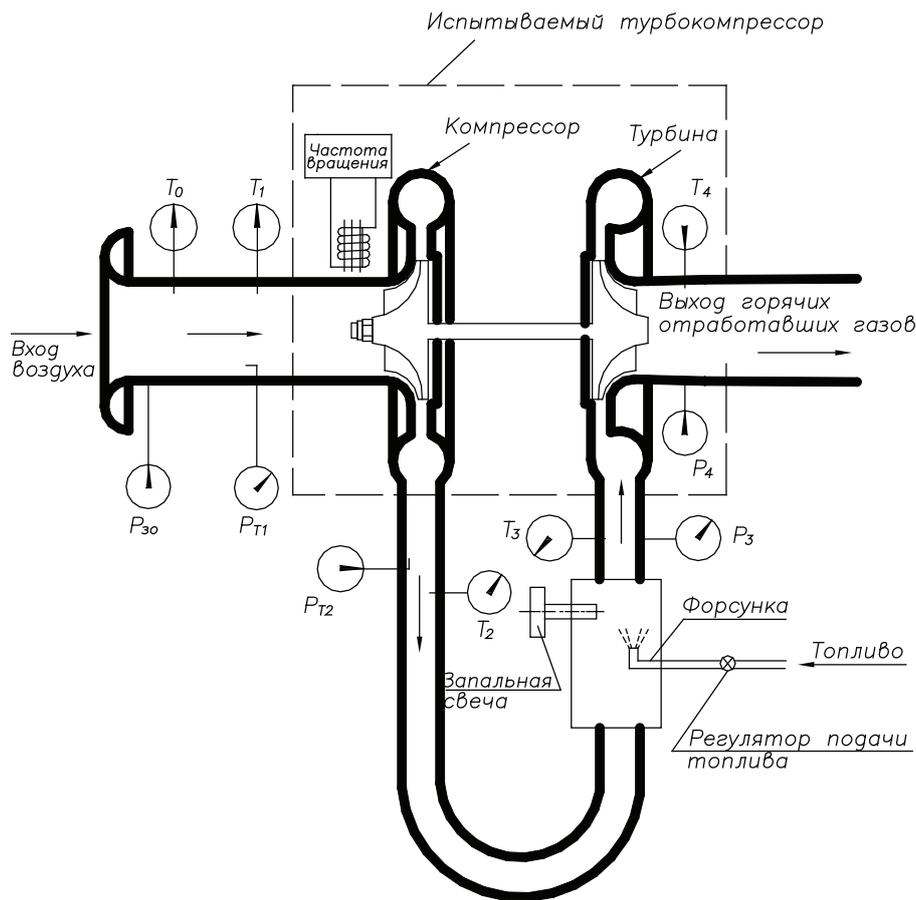


Рис. 2. Схема работы стенда

Безмоторный стенд производства НПП ООО «АгроМаркет» предназначен для испытания турбокомпрессоров двигателей внутреннего сгорания, содержащих средства для горячих испытаний и контроля характеристик турбокомпрессоров. Данный стенд представляет собой безмоторную установку для испытаний различных модификаций турбокомпрессоров и моделирования режимов работы, соответствующих режимам работы на двигателе. Стенд состоит из газоздушной, масляной и топливной систем. В этом стенде компрессор приводится во вращение турбиной, рабочим телом для которой служат горячие газы с температурой 200–800 °С или сжатый воздух с температурой 50–70 °С. Возможность применения представленного оборудования для испытания турбокомпрессоров двигателей внутреннего сгорания осложняется недостатком средств для выявления и обработки основных технических параметров испытываемого турбокомпрессора в реальном времени, в том числе в условиях рядовых эксплуатационных мастерских. Кроме того,

стенд достаточно сложен в эксплуатации при испытаниях большого числа турбокомпрессоров различных производителей из-за несовершенной технологии их размещения и фиксации на стенде, а также неполноты исходных данных для анализа результатов испытаний.

Таким образом, встает задача создания эффективного, удобного в эксплуатации и сравнительно простого в исполнении стенда для испытания турбокомпрессоров двигателей внутреннего сгорания. При этом должна быть реализована возможность испытаний наиболее распространенных типов турбокомпрессоров на основных режимах работы для выработки практических рекомендаций по восстановлению и совершенствованию их эксплуатационных характеристик. Дополнительно к указанной должна решаться задача создания автоматической системы для выявления технических параметров испытываемого турбокомпрессора в реальном масштабе времени с использованием современной измерительной техники и аппаратуры отображения информации.

Измеряемые на стенде параметры пределы измерений и их погрешность

Параметр	Предел измерений	Погрешности измерений
Частота вращения ротора, об./мин	min.	± 16
	max.	± 1 000
Давление воздуха после компрессора, кПа	0...250	±2,5
Давление газа перед турбиной, кПа	0...300	±2,5
Давление газа после турбины, кПа	0...30	±0,3
Давление масла перед турбокомпрессором, кПа	0...700	±7
Давление топлива перед камерой сгорания, кПа	0...1000	±10
Температура газа перед турбиной, °С	0...1000	±12,5
Температура газа после турбины, °С	0...600	±12,5
Температура масла перед турбокомпрессором, °С	0...120	±2
Виброускорение, g	0...30	±0,5
Перепад давления воздуха в измерительном сопле расхода воздуха, мм. вод. Ст	0...1300	±2
Температура воздуха перед компрессором, °С	0...60	±1,5
Температура воздуха после компрессора, °С	0...150	±1,5

Решением указанной задачи стала разработка совместно с ООО «Сервис-Турбо» стенда для испытания турбокомпрессоров двигателей внутреннего сгорания, содержащего средства для горячих испытаний и контроля параметров турбокомпрессоров. Принципиальная работа и устройство стенда показаны на рис. 2.

На данный стенд подана заявка на полезную модель. Стенд содержит установленные на его корпусе патрубки для подвода к испытываемому турбокомпрессору воздуха и отвода уходящих газов, съемный обводной U-образный канал, соединяющий выходной патрубком компрессора с входным патрубком турбины турбокомпрессора, и камеру сгорания для сжигания углеводородного топлива, размещенную в ветви обводного канала перед входным патрубком турбины. Причем система запуска турбокомпрессора выполнена с возможностью раскрутки турбины воздушным потоком от стороннего компрессора, выход системы подачи топлива соединен через регулятор расхода топлива с топливной форсункой в камере сгорания, выход системы подачи масла соединен через регулятор расхода масла с каналом подвода масла к подшипниковому узлу турбокомпрессора. Средства для контроля параметров турбокомпрессора включают датчик скорости вращения ротора, датчики температуры, давления и расхода

топлива и масла, газоздушный тракт стенда снабжен датчиками температуры и давления среды на входе и выходе компрессора и турбины. При этом выходы указанных датчиков соединены через многоканальный усилитель с блоком управления, входящего в состав пульта управления.

Кроме того, патрубки для подвода к испытываемому турбокомпрессору воздуха и отвода уходящих газов и съемный обводной U-образный канал стенда снабжены быстросъемными фланцевыми соединениями с набором крепежных приспособлений и проставок для установки в рабочее положение турбокомпрессоров различных производителей. Система холодного запуска выполнена в виде сопла, размещенного в обводном канале в области камеры сгорания и соединенного с выходом стороннего компрессора, датчики давления выполнены с возможностью формирования электрического выходного сигнала одновременно с отображением показаний манометрами, а датчик скорости вращения ротора выполнен совмещенным с датчиком вибраций турбокомпрессора.

Такое выполнение стенда позволяет решить поставленную задачу создания эффективного и удобного в эксплуатации универсального стенда для испытания различных типов турбокомпрессоров дизельных двигателей с выработкой практических реко-

мендаций по совершенствованию их эксплуатационных характеристик.

Указанное выполнение средств для проведения испытаний турбокомпрессора обеспечивает быстрый монтаж различных видов турбокомпрессоров в положение для испытаний, удобство эксплуатации и результативность использования стенда. Оснащение стенда набором указанных датчиков обеспечивает максимальный объем исходной и текущей информации о состоянии систем стенда и турбокомпрессора. При этом повышается эффективность предложенного устройства, в том числе за счет использования современной техники преобразования полезных сигналов. Это позволяет решить задачу автоматизации испытаний и совершенствования характеристик турбокомпрессоров двигателей внутреннего сгорания. В таблице представлены показатели, которые можно снимать при проведении испытаний турбокомпрессоров.

Разработанный стенд позволяет определить параметры и характеристики турбокомпрессоров дизельных двигателей в различные периоды эксплуатации, обкатки и регулировки. В результате проведенных исследований были выработаны необходимые рекомендации по технике испытаний турбокомпрессоров и снятия основных показателей. Данный стенд дополняет и развивает возможности системы дефектации и эталонирования в части повышения эффективности и удобства эксплуатации стендового оборудования при ремонте и техническом обслуживании турбокомпрессоров.

Библиографический список

1. Патент на полезную модель изобретения №89617 «Стенд для испытаний турбокомпрессоров двигателей внутреннего сгорания».
2. Комбалов, В.С. Методы и средства испытаний на трение и износ конструкционных материалов, справочник / В.С. Комбалов. – М.: Машиностроение. 2008. – 384 с.

БИОТОПЛИВО В ЛЕСНЫХ МАШИНАХ

Д.В. АКИНИН, *доц. каф. колесных и гусеничных машин МГУЛ, канд. техн. наук,*
 В.Ю. ПРОХОРОВ, *доц. каф. технологии машиностроения и ремонта МГУЛ, канд. техн. наук*
prohorovv@yandex.ru; lada555@itkm.ru

Ежегодно предприятия России потребляют около 5,5 млн т дизельного топлива и 2 млн т автомобильных бензинов, получаемых из нефти. Потребление энергии к 2030 г. возрастет на 60 %, что потребует увеличения производства различных видов энергоносителей. При этом повышаются требования к их экологической безопасности. Наряду с другими возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ) все большее внимание в мире уделяется использованию биомассы. Российская Федерация располагает огромными запасами биоресурсов, включая не только сельскохозяйственные, но и лесные ресурсы. Количество органических отходов разных отраслей народного хозяйства Российской Федерации составляет более 390 млн т в год.

Причиной необходимости использования альтернативных источников является также постоянное повышение цен на топли-

во, что отрицательно сказывается на экономике отечественных нефтепользователей, к которым относятся лесозаготовки. На сегодняшний день в биоэнергетике все большее значение приобретает использование различных отходов для производства биотоплива (биотопливо второго поколения). Оно будет постепенно замещать биотопливо первого поколения, что связано с большей степенью его экологичности (по данным Всемирного энергетического союза, использование биогорючего второго поколения позволит снизить выбросы парниковых газов на 90 %), производительности, а также с тем, что оно производится из непищевых продуктов. Эффективное использование и переработка в качественное биотопливо растительных и древесных отходов сократят зависимость предприятий от централизованного энергообеспечения. Целесообразно сосредоточить

внимание на перспективных видах растительного сырья для получения биотоплива, основные из которых, по мнению ученых отделения растениеводства, древесина и отходы от ее переработки (опилки), специальные посадки быстрорастущих пород деревьев, в том числе ивы и тополя, а также солома зерновых культур и растительные масла из семян рапса и других культур. Отделения мелиорации и лесного хозяйства подготавливают рекомендации по созданию и использованию энергетических плантаций быстрорастущих деревьев: тополя, ивы, эвкалипта.

Приоритетность применения альтернативного топлива определяется ценой топлива и возможностью использования на дизелях. Исходя из этого наиболее перспективными альтернативными топливами являются природный газ и биотопливо на основе растительных масел.

Использование в дизелях биотоплива осложняется его высокой вязкостью и образованием отложений и нагара на соплах топливных форсунок и в цилиндрах. Поскольку температура поршня при низкой нагрузке дизеля (включая холостой ход) снижается, то растительные масла (имеющие высокую температуру кипения), находящиеся на стенках охлажденного поршня, не способны к испарению и воспламенению при смешивании с воздухом: они полностью не сгорают. При перемещении поршневыми кольцами несгоревшего топлива вниз (в такте расширения), растительное масло, проникая в картер, смешивается с маслом, ухудшая его качество, что в конечном итоге приведет к выходу двигателя из строя. Этим обуславливается потребность в преждевременной замене дизельного масла при работе на растительных маслах.

Таким образом, в дизелях с непосредственным впрыском растительные масла не могут быть использованы длительное время, поскольку они не сгорают полностью, ухудшают качество дизельных масел за счет смешивания, способствуют образованию продуктов коксования, которые вызывают отложения на форсунках, поршнях и поршневых кольцах. В предкамерных и вихрекамерных дизелях длительное использование растительных масел на первый взгляд кажется возможным,

поскольку масло дополнительно подогревается перед воспламенением, обуславливающим лучшее смешивание с воздухом и более полное сгорание.

Вместе с тем, в дизеле с непосредственным впрыском возможно некоторое изменение конструкции поршней, головок цилиндров и форсунок с целью более длительного использования растительных масел в качестве топлива.

Существует вариант адаптации топливной системы дизеля Д-243 для работы на биотопливе, который включает увеличенный до 10 мм внутренний диаметр магистрали низкого давления, теплообменник для подогрева биотоплива до температуры 70–80 °С с площадью поверхности нагрева 0,02 м² (вязкость биотоплива 5–10 мм²/с), трехходовой клапан, пятидырочную форсунку с площадью сопловых отверстий 0,353 мм² вместо четырехдырочной площадью 0,283 мм². Кроме указанных изменений необходимо корректировать угол опережения впрыска топлива в пределах 24–26° поворота коленчатого вала. Сравнительные показатели работы приведены в табл. 1.

В МГАУ предложены конструктивные решения, представленные на рис. 1.

Данные конструктивные разработки с применением рапсового масла в качестве добавок к основному топливу прошли испытания на двигателях СМД, Д-21, Д-243 и показали положительные результаты (рис. 2 – 4 и табл. 2).

Ряд 1 – дизельное топливо;

Ряд 2 – 25 % метилового эфира растительных масел + 75 % дизельного топлива;

Ряд 3 – 50 % метилового эфира растительных масел + 50 % дизельного топлива;

Ряд 4 – 75 % метилового эфира растительных масел + 25 % дизельного топлива.

На лесных машинах преобладают следующие двигатели:

– на тракторах ТДТ-55А, ЛТ-157, МЛ-72, МЛ-74, ТЛК-4,6 – дизель СМД;

– на ТТ-4М – А-03МЛ,

– на ТЛК – ЯМЗ-236,

– на МЛ-30, МЛ-56 – ЯМЗ-238

На лесовозах установлены дизели ЯМЗ-236 и ЯМЗ-238.

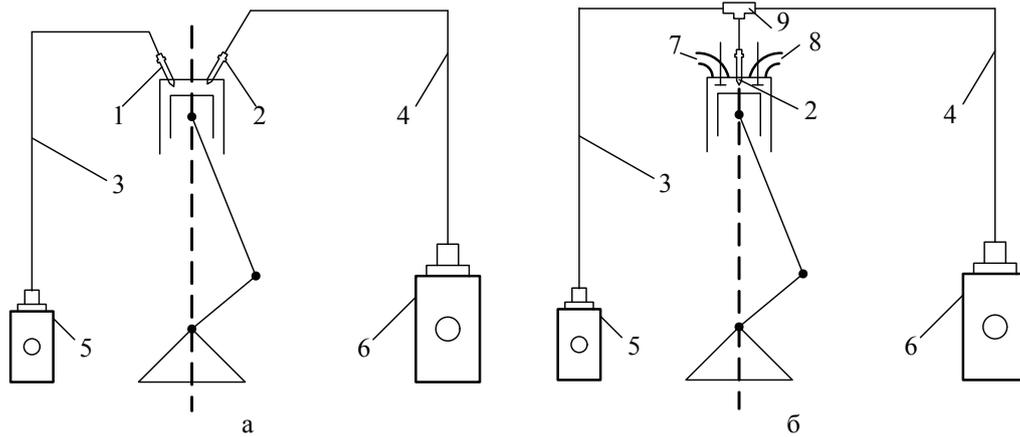


Рис. 1. Конструктивные изменения дизеля для работы на дизельном топливе с биодобавками: а – раздельная подача на две форсунки; б – раздельная подача на одну форсунку; 1, 2 – форсунки; 3, 4 – топливная магистраль высокого давления; 5, 6 – насосы высокого давления; 7, 8 – впускной и выпускной коллектор; 9 – тройник

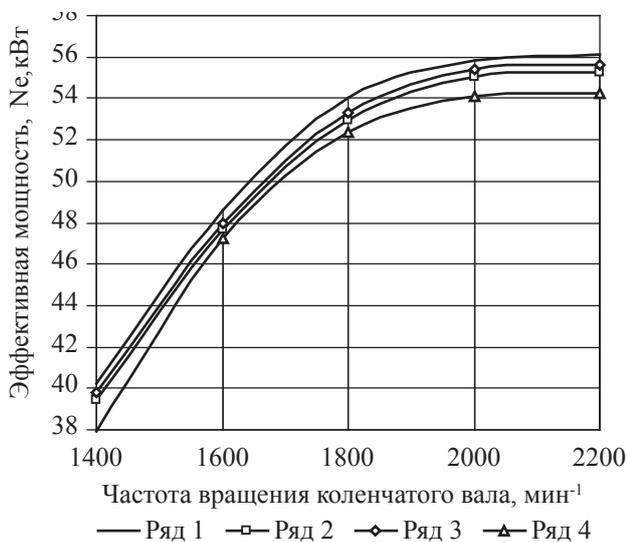


Рис. 2. Эффективная мощность при различных частотах вращения коленчатого вала (нагрузка номинальная)

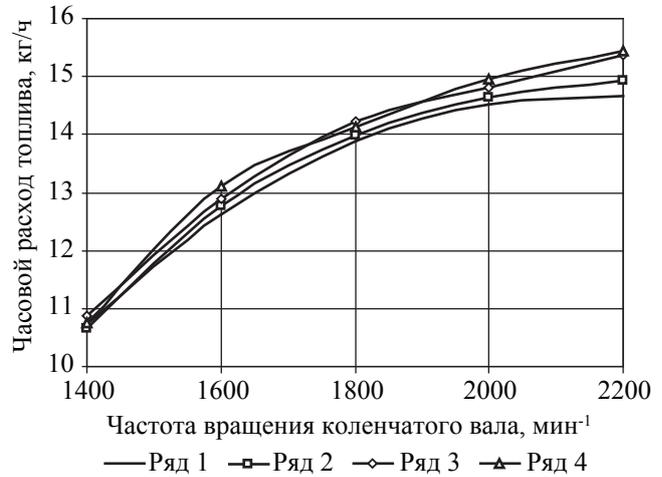


Рис. 3. Часовой расход топлива при различных частотах вращения коленчатого вала (нагрузка номинальная)

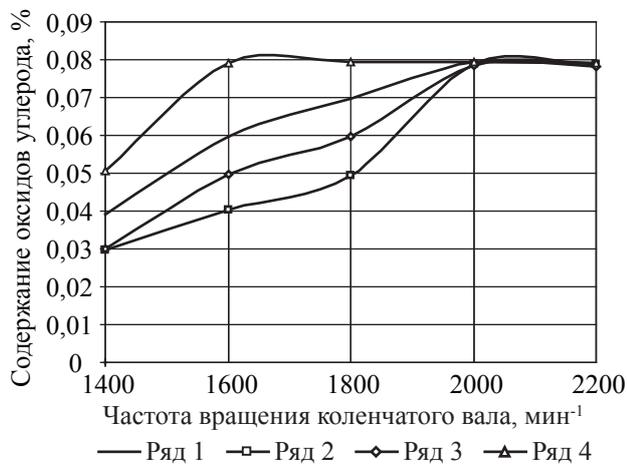


Рис. 4. Содержание оксида углерода при различных частотах вращения коленчатого вала (нагрузка номинальная)

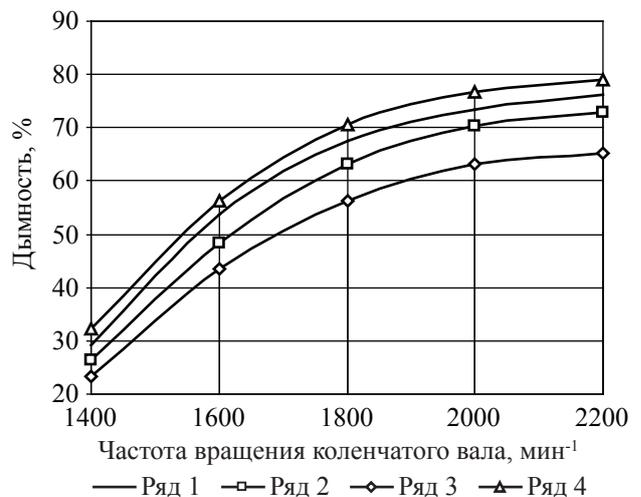


Рис. 5. Дымность при различных частотах вращения коленчатого вала (нагрузка номинальная)

Т а б л и ц а 1

Мощностные и экономические показатели двигателя Д-243 при работе на биотопливе в сравнении с дизельным топливом

Показатели	Вид топлива	
	дизельное Л	биотопливо БДГ-1
Мощность эксплуатационная, кВт	58,53	56,52
Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	2230	2230
Расход топлива, кг/г	13,75	14,85
Удельный расход топлива, г/кВт·ч	234,92	262,7
Максимальная частота вращения, мин ⁻¹	2362	2368
Оценочный удельный расход топлива, г/кВт·ч	247,66	276,35
Температура выхлопных газов, °С	530	510
Условия испытаний – температура, °С:		
окружающей среды	25	25
охлаждающей жидкости	85	86
смазочного масла	95	96
топлива в головке насоса	52	54

Т а б л и ц а 2

Экологические показатели двигателя Д-243 при работе на дизельном топливе и биотопливных композиций (нагрузка номинальная)

	Вид топлива			
	ДТ	Биодит №1	Биодит №2	Биодит №3
<i>n</i> = 1400 мин ⁻¹				
СО, %	0,22	0,18	0,13	0,25
СН, %	0,0012	0,0011	0,001	0,0015
Д, %	29,3	26,3	23,3	32,2
<i>n</i> = 1600 мин ⁻¹				
СО, %	0,41	0,35	0,32	0,44
СН, %	0,0013	0,0012	0,001	0,0015
Д, %	53,7	48,2	43,5	56,3
<i>n</i> = 1800 мин ⁻¹				
СО, %	0,52	0,47	0,42	0,55
СН, %	0,0014	0,0013	0,001	0,0016
Д, %	67,5	63,3	56,3	70,5
<i>n</i> = 2000 мин ⁻¹				
СО, %	0,57	0,51	0,44	0,6
СН, %	0,0015	0,0014	0,0011	0,0018
Д, %	73,5	70,5	63,3	76,4
<i>n</i> = 2200 мин ⁻¹				
СО, %	0,62	0,53	0,46	0,63
СН, %	0,0017	0,0015	0,0011	0,002
Д, %	76,0	73,0	65,1	79,1

Все эти дизели имеют топливный насос высокого давления и, следовательно, конструктивные изменения в двигателе Д-243 могут быть адаптированы к ним.

Ограниченность и невозобновляемость ресурсов нефти, обострение экологических проблем при использовании нефтяного моторного топлива, рост цен и затрат на него в себестоимости продукции приводят к

необходимости перевода лесных машин на альтернативные виды топлива.

Из биотоплив для лесного комплекса, где весь тракторный и автомобильный парк оснащен дизелями, приоритет должен принадлежать биотопливу как на основе растительных масел – биодизельному топливу (биодизель), так и биотопливу второго поколения, получаемому из отходов

лесной и деревообрабатывающей промышленности.

При переходе лесных машин на биотопливо необходимо адаптировать топливную систему дизеля для запуска и прогрева двигателя при низких температурах, при этом следует учитывать снижение мощности двигателя на 7 %.

Библиографический список

1. Федоренко, В.Ф. Инновационные технологии производства биотоплива второго поколения / Д.С. Буклагин, И.Г. Голубев. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 68 с.
2. Федоренко, В.Ф. Результаты испытаний и перспективы эксплуатации дизелей на биотопливе / С.А. Нагорнов, А.Н. Зазуля. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 136 с.

ИСПЫТАНИЕ ДИЗЕЛЯ НА БИОТОПЛИВЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ «МОТОРТЕСТЕРА МО 3-2»

И.И. РУДЕНКО, асп. ФГНУ «Росинформагротех»

fgnu@rosinformagrotech.ru; informagrotech@mail.ru

Мотортестер является мощным инструментом диагностики двигателя, но он не может полностью заменить оператора с его практическим опытом. Для получения максимального эффекта при использовании данного прибора оператор должен полностью разбираться в работе двигателя и его систем.

Для удобства работы с мотортестером мы оборудовали рабочее место для диагностирования автомобиля на четырех видах топлив:

1. Дизельное топливо;
2. Биотопливо 7:3 (70 % ДТ : 30 % РМ);
3. Биотопливо 5:5 (50 % ДТ : 50 % РМ);
4. Биотопливо 3:7 (30 % ДТ : 70 % РМ).

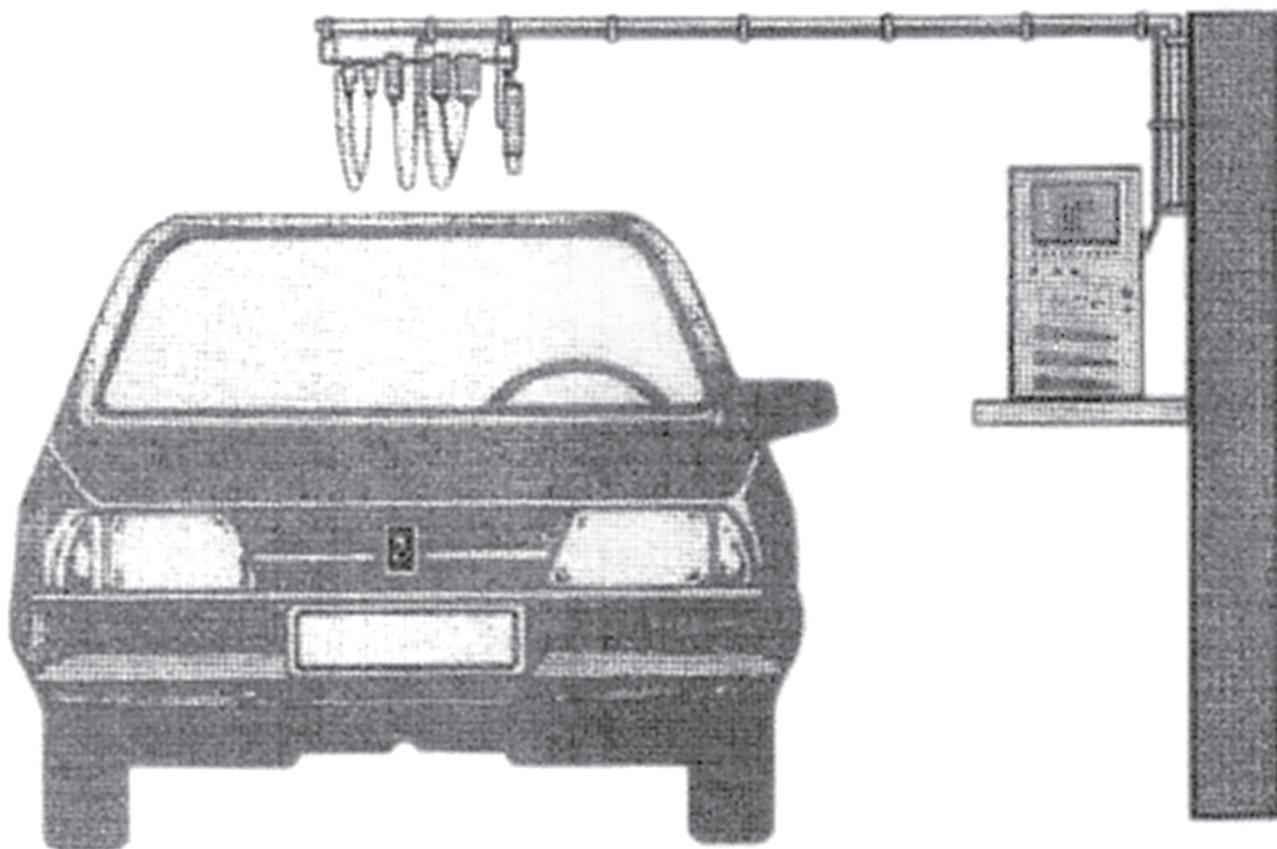


Рис. 1

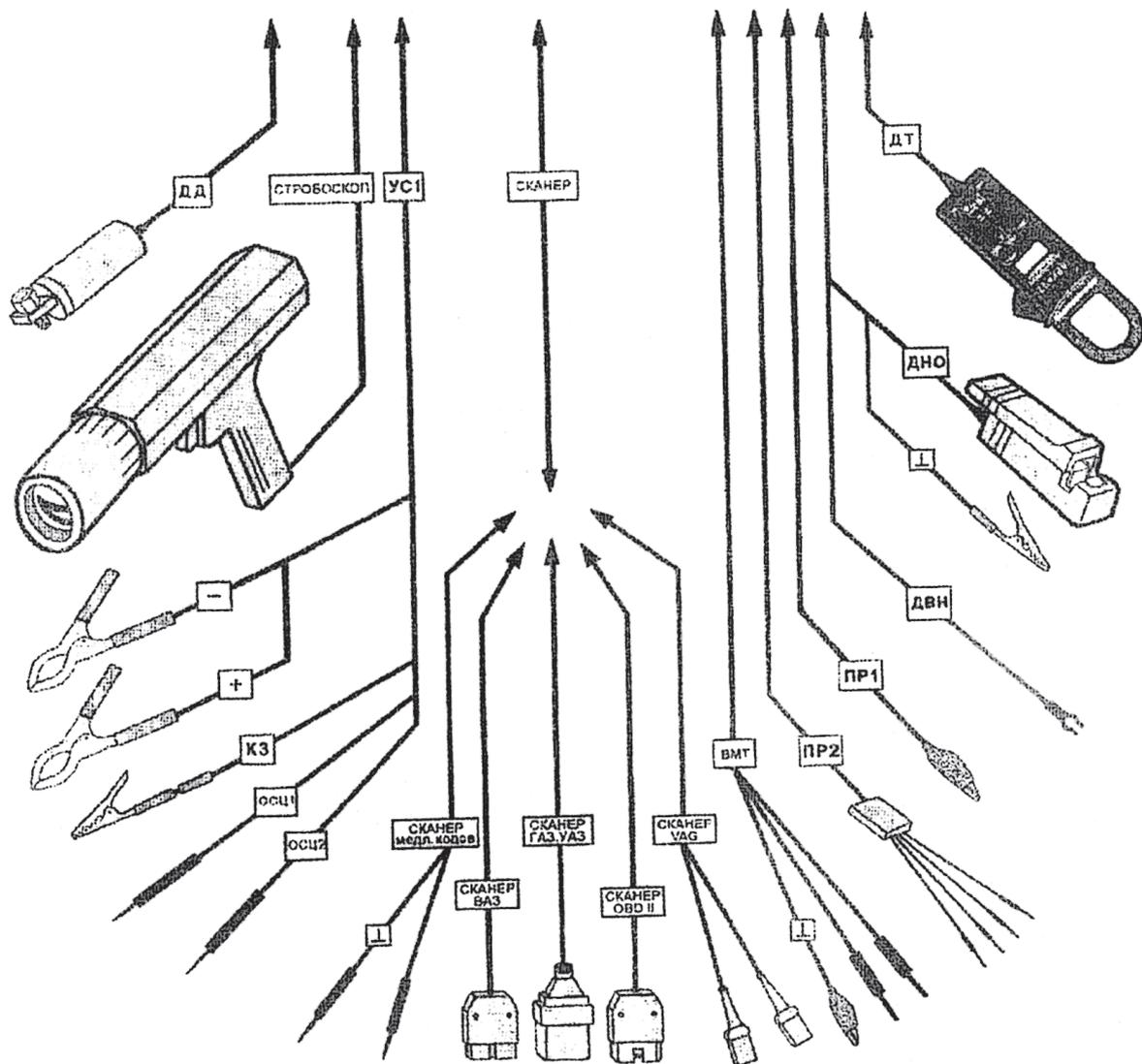


Рис. 2

Мотортестер МО 3-2 представляет собой микропроцессорный прибор с комплектом датчиков и соединительных устройств (рис. 2):

- датчик тока ДТ;
- датчик давления ДД;
- датчик высокого напряжения ДВН;
- стробоскоп;
- устройство соединительное УС1, в состав которого входят:

- зажим контактный «+»;
- зажим контактный «-»;
- зажим контактный КЗ;
- щуп контактный ОСЦ1;
- щуп контактный ОСЦ2.

К МОТОРТЕСТЕРУ

Мотортестер предназначен для измерения параметров и проверки технического

состояния 2,3,4,5,6,8-цилиндровых четырехтактных двигателей внутреннего сгорания в рабочих условиях применения.

Основные технические данные и характеристики представлены в табл. 1

1. Перед проведением диагностики и подключением датчиков мотортестера двигатель должен быть прогрет до рабочей температуры.

2. Подключили стробоскоп к соединителю СТРОБОСКОП мотортестера.

3. Подключили датчик тока к соединителю ДТ мотортестера.

4. Подключили датчик давления к соединителю ДД мотортестера.

Во избежание выхода из строя топливной аппаратуры не допускаем попадания пыли и грязи в датчик давления.

Т а б л и ц а 1

Наименование параметра, характеристики	Значение характеристики, диапазон измерения параметра	Предел допускаемой основной абсолютной погрешности измерений	Цена единицы наименьшего разряда показания	Примечание
Частота вращения коленчатого вала, об./мин	100–5000	± 10	1	
Неравномерность частоты вращения коленчатого вала, об./мин	–	± 10	1	1*
Напряжение постоянного электрического тока на клеммах аккумуляторной батареи ($U_{аб}$, эдс, $U_{зар}$), В	0–40,0	$\pm 10,2$	0,1	
Сила постоянного электрического тока, I А	0–400	$\pm 2+0,04X $	1	
Эффективная мощность двигателя, кВт (л.с.)	0–400 (0–540)	–	1 (1)	3*
Максимальное давление впрыска, P_{max} , МПа	0–50,0	$\pm 1,0$	0,1	
Остаточное давление в трубопроводе высокого давления, Рост, МПа	0–50,0	$\pm 1,0$	0,1	
Длительность подачи топлива, ДЛИТ, мс	1,0–10,0	$\pm 0,2$	0,1	
Угол опережения подачи топлива, отсчитанный по углу поворота коленчатого вала, УОПТ	1–60	± 1	1	

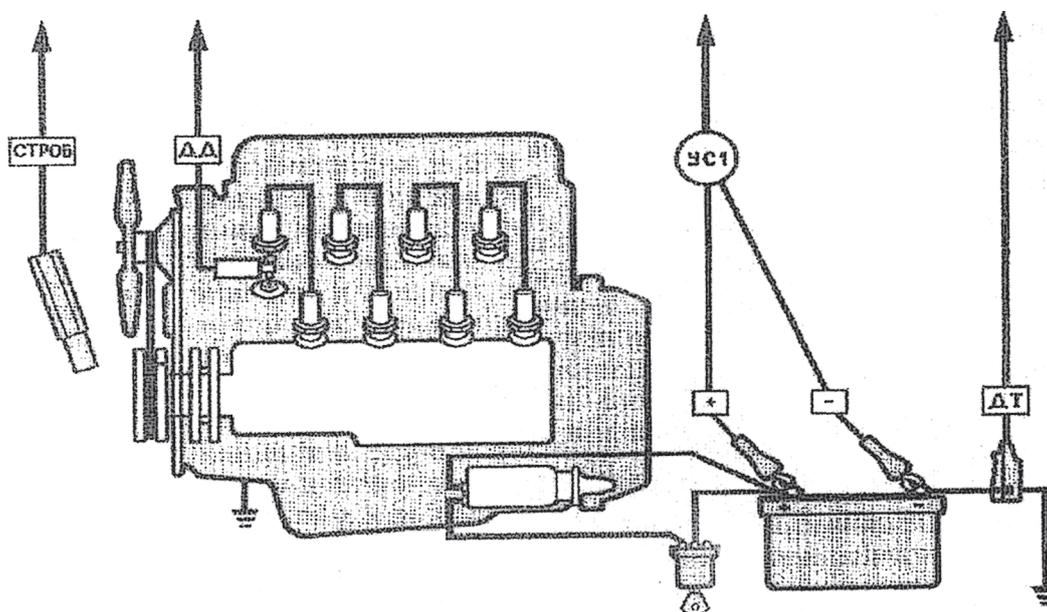


Рис. 3

5. Подключили устройство соединительное УС-1 к соединителю УС-1 мотортестера.

6. Установили датчик на диагностируемый двигатель (рис.1):

А) Датчик тока установили на провод, идущий от аккумуляторной батареи на «мас-

су», для измерения тока заряда аккумуляторной батареи.

Б) Зажимы «+» (красного цвета) и «-» (черный) из состава УС1 подключили к соответствующим клеммам аккумуляторной батареи.

В) Сняли скобу, стягивающую топливную рубку, подходящую к форсунке первого цилиндра, с остальными рубками и корпусом. Отвинтили фланец наконечника трубки от форсунки. Установили наконечник топливной трубки на ДД. Завинтили фланец крепления наконечника топливной трубки. ДД установили таким образом, чтобы была обеспечена герметичность соединений. Для стравливания воздуха из топливопровода не зажимаем одну из гаек ДД, а затягиваем ее через несколько секунд после запуска двигателя.

После включения мотортестера производится самодиагностика – контроль исправности основных узлов. Затем включается режим выбора типа двигателя и модели автомобиля.

Используя кнопки перемещения маркера «▲», «▼», помешаем маркер на строку ТИП ДВИГАТЕЛЯ и нажимаем кнопку ВВОД.

Выбрали тип двигателя с помощью кнопок «▲», «▼», поместив маркер на строку ДИЗЕЛЬНЫЙ, и снова нажимаем кнопку ВВОД. Из списка моделей автомобилей на экране аналогичным образом выбрали модель диагностируемого автомобиля КАМАЗ.

После выбора модели (в некоторых случаях необходимо дополнительно ввести количество цилиндров диагностируемого двигателя) мотортестер представил примерный коэффициент инерции – 212, номинальные обороты – 2000 выбранного автомобиля и информацию о подключении ДД-М14.

Закончив выбор, нажимаем кнопку МЕНЮ для входа в меню основных режимов измерений и проводим следующие измерения:

1. СИСТЕМА ПУСКА.
2. РЕЖИМ ХОЛОСТОГО ХОДА.
3. РЕЖИМ ПОВЫШЕННЫХ ОБОРОТОВ.
4. МОЩНОСТЬ.

В этих режимах производится диагностирование системы пуска, системы электропитания, измерение угла опережения подачи топлива (УОПТ), параметров впрыска топлива, мощности двигателя.

Диагностика двигателя мотортестером на дизельном топливе

1. «СИСТЕМА ПУСКА». С помощью датчика тока и зажима «+» из состава УС1 производили измерения параметров системы пуска.

В течение 7 секунд после включения режима идет обработка сигналов с датчиков, в результате на экране появились измерения напряжения $U=24.1V$ и тока $I=12A$ (режим измерений однократный).

Нажав кнопку «1», производим прокрутку двигателя стартером, предварительно заблокировав работу ТНВД. Спустя 7 с на экране мотортестера появилось измерения тока $I=11A$, потребляемого стартером и напряжения $U=22.8V$ аккумуляторной батареи в момент пуска.

2. «РЕЖИМ ХОЛОСТОГО ХОДА». Производим диагностирование системы электропитания, измерение угла опережения подачи топлива (УОПТ), параметров на минимальных оборотах холостого хода.

1. Электропитание.
2. Угол опережения подачи топлива (УОПТ).
3. Впрыск.
- 2.1. Нажимаем кнопку «1», и на экране появились результаты измерений в системе электропитания:

$U_{аб} = 24.1V$ напряжение на клеммах аккумуляторной батареи;

$I = 12A$ постоянный электрический ток, потребляемый или отдаваемый аккумулятором или другими потребителями.

2.2. Нажимаем кнопки «2» для входа в режим измерения УОПТ.

Включаем стробоскоп. Нажимая верхнюю и нижнюю кнопки на задней панели стробоскопа, осветили шкив коленчатого вала и совместили подвижную и неподвижную метки ВМТ на двигателе.

После совмещения на экране отобразилось значение угла опережения подачи топлива УОПТ 24 нкв .

2.3. При нажатии кнопки «3» мотортестер измеряет параметры впрыска и отображает результаты измерений:

$P_{мах} = 19 \text{ МПа}$.

Рост – 10.1 МПа.

ДЛИТ – 2.3 mS.

Р_{max} – максимальное давление впрыска топлива;

Рост – остаточное давление в топливопроводе высокого давления;

ДЛИТ – длительность подачи топлива.

3. РЕЖИМ ПОВЫШЕННЫХ ОБОРОТОВ работает аналогично режиму холостого хода, только частота вращения двигателя устанавливается примерно 2000 об./мин.

1. Электропитание.

2. Угол опережения подачи топлива (УОПТ).

3. Впрыск.

3.1. Нажимаем кнопку «1», и на экране появились результаты измерения в системе электропитания.

U_{аб} – 26V напряжение на клеммах аккумуляторной батареи;

I – 28A постоянный электрический ток, потребляемый или отдаваемый аккумулятором или другими потребителями.

3.2. Нажимаем кнопку «2» для входа в режим измерения УОПТ.

Включаем стробоскоп.

Нажимая верхнюю и нижнюю кнопки на задней панели стробоскопа, осветили шкив коленчатого вала и совместили подвижную и неподвижную метки ВМТ на двигателе.

После совмещения на экране отобразилось значение угла опережения подачи топлива УОПТ 41 nkb.

3.3. При нажатии кнопки «3» мотортестер измеряет параметры впрыска и отображает результаты измерений:

Р_{max} – 31.6 МПа.

Рост – 13.2 МПа.

ДЛИТ – 3.5 mS.

Р_{max} – максимальное давление впрыска топлива;

Рост – остаточное давление в топливопроводе высокого давления;

ДЛИТ – длительность подачи топлива.

4. МОЩНОСТЬ

По команде мотортестера «РАЗГОН» резко нажали педалью акселератора до упора.

Высветилась команда «ВЫБЕГ». Отпустили педаль акселератора.

Частота вращения понизилась до частоты начала разгона и высветилась команда «РАЗГОН».

Снова резко нажали педаль акселератора. Цикл «РАЗГОН–ВЫБЕГ» повторили три раза по команде мотортестера. В результате на экране высветилось измеренное значение мощности двигателя –193 л.с.

Диагностика двигателя мотортестером на биотопливе (70 %ДТ : 30 %РМ).

1. «СИСТЕМА ПУСКА»

В течение 7 секунд после включения режима идет обработка сигналов с датчиков, в результате на экране появились измерения напряжения U-24.1V и тока I-12A (режим измерений однократный).

Нажав кнопку «1», производим прокрутку двигателя стартером, предварительно заблокировав работу ТНВД. Спустя 7 с на экране мотортестера появилось измерения тока I-11A, потребляемого стартером, и напряжения U-22.3V аккумуляторной батареи в момент пуска.

2. «РЕЖИМ ХОЛОСТОГО ХОДА»

1. Электропитание.

2. Угол опережения подачи топлива (УОПТ).

3. Впрыск.

2.1. Результаты измерений в системе электропитания:

U_{аб} – 24.1V напряжение на клеммах аккумуляторной батареи;

I – 12A постоянный электрический ток, потребляемый или отдаваемый аккумулятором или другими потребителями;

2.2. После совмещения на экране отобразилось значение угла опережения подачи топлива УОПТ 24 nkb.

2.3. Измерили параметры впрыска и отобразились результаты измерений:

Р_{max} – 19 МПа.

Рост – 10.3 МПа.

ДЛИТ – 2.3 mS.

Р_{max} – максимальное давление впрыска топлива;

Рост – остаточное давление в топливопроводе высокого давления;

ДЛИТ – длительность подачи топлива.

3. «РЕЖИМ ПОВЫШЕННЫХ ОБОРОТОВ» работает при частоте вращения двигателя 2000 об/мин.

1. Электропитание.

2. Угол опережения подачи топлива (УОПТ).

3. Впрыск.

3.1. Нажимаем кнопку «1», и на экране появились результаты измерения в системе электропитания.

$U_{аб} = 26V$ напряжение на клеммах аккумуляторной батареи;

$I = 28A$ постоянный электрический ток, потребляемый или отдаваемый аккумулятором или другими потребителями.

3.2. После совмещения на экране отобразилось значение угла опережения подачи топлива УОПТ 41 nkb

3.3. Измерили параметры впрыска и отобразили результаты измерений:

$P_{мах} = 32.1 MPa$.

$P_{ост} = 13.2 MPa$.

$ДЛИТ = 3.6 mS$.

$P_{мах}$ – максимальное давление впрыска топлива;

$P_{ост}$ – остаточное давление в топливопроводе высокого давления;

$ДЛИТ$ – длительность подачи топлива.

4. «МОЩНОСТЬ»

В результате высветилось измеренное значение мощности двигателя –191 л.с.

Диагностика двигателя мотортестером на биотопливе (50 %ДТ : 50 %РМ).

1. «СИСТЕМА ПУСКА» В течение 7 секунд после включения режима идет обработка сигналов с датчиков, в результате на экране появились измерения напряжения $U = 24.1V$ и тока $I = 12A$ (режим измерений однократный).

Нажав кнопку «1», производим прокрутку двигателя стартером, предварительно заблокировав работу ТНВД. Спустя 7 с на экране мотортестера появилось измерение тока $I = 12A$, потребляемого стартером и напряжения $U = 22.1V$ аккумуляторной батареи в момент пуска.

2. «РЕЖИМ ХОЛОСТОГО ХОДА»

1. Электропитание.

2. Угол опережения подачи топлива (УОПТ).

3. Впрыск.

2.1. Результаты измерений в системе электропитания:

$U_{аб} = 24.1V$ напряжение на клеммах аккумуляторной батареи;

$I = 12A$ постоянный электрический ток, потребляемый или отдаваемый аккумулятором или другими потребителями;

2.2. После совмещения на экране отобразилось значение угла опережения подачи топлива УОПТ 24 nkb;

2.3. Измерили параметры впрыска и отобразили результаты измерений:

$P_{мах} = 21 MPa$.

$P_{ост} = 10.9 MPa$.

$ДЛИТ = 3.1 mS$.

$P_{мах}$ – максимальное давление впрыска топлива;

$P_{ост}$ – остаточное давление в топливопроводе высокого давления;

$ДЛИТ$ – длительность подачи топлива.

3. РЕЖИМ ПОВЫШЕННЫХ ОБОРОТОВ работает при частоте вращения двигателя 2000 об./мин.

1. Электропитание.

2. Угол опережения подачи топлива (УОПТ).

3. Впрыск.

3.1. Результаты измерения в системе электропитания:

$U_{аб} = 26V$ напряжение на клеммах аккумуляторной батареи;

$I = 28A$ постоянный электрический ток, потребляемый или отдаваемый аккумулятором или другими потребителями.

3.2. После совмещения на экране отобразилось значение угла опережения подачи топлива УОПТ 41 nkb.

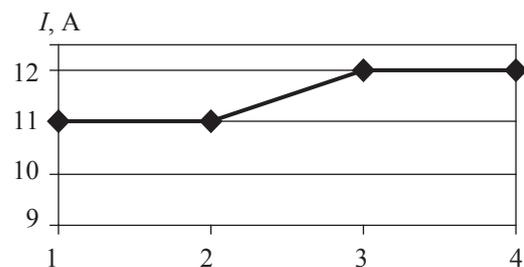


Рис. 4. Зависимость тока потребляемого стартером в момент пуска

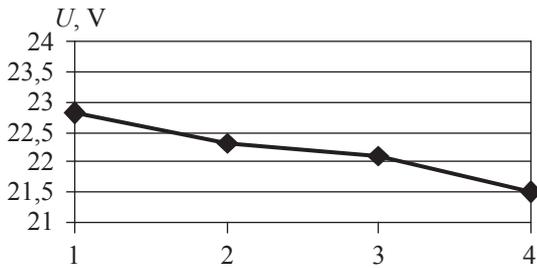


Рис. 5. Зависимость напряжения АКБ в момент пуска

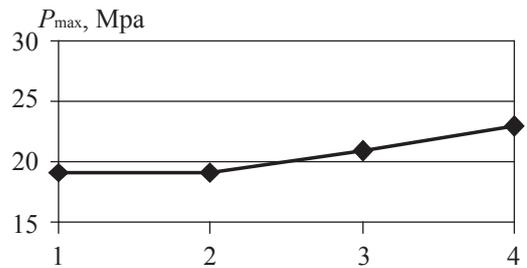


Рис. 6. Максимальное давление впрыска топлива при 650 об./мин

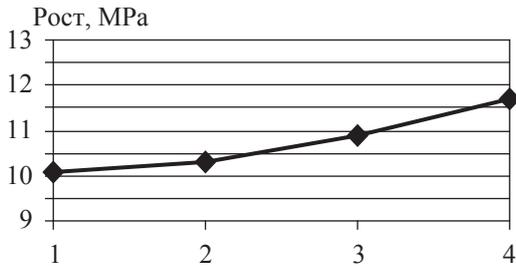


Рис. 7. Остаточное давление в топливопроводе высокого давления при 650 об./мин

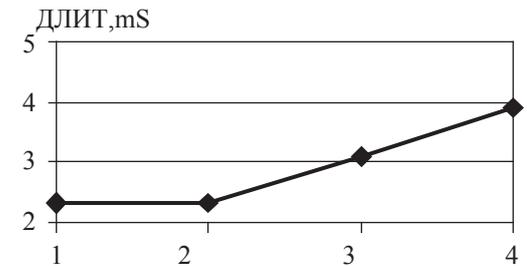


Рис. 8. Длительность подачи топлива при 650 об./мин

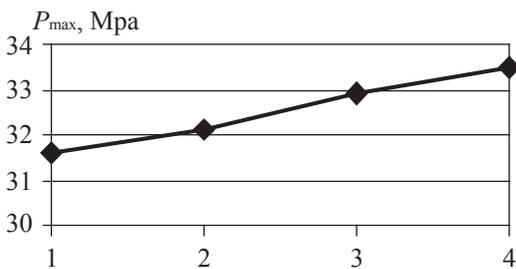


Рис. 9. Максимальное давление впрыска топлива при 2000 об./мин

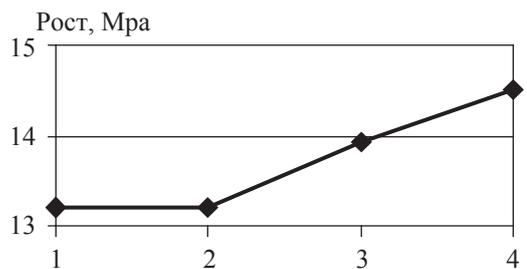


Рис. 10. Остаточное давление в топливопроводе высокого давления при 2000 об./мин

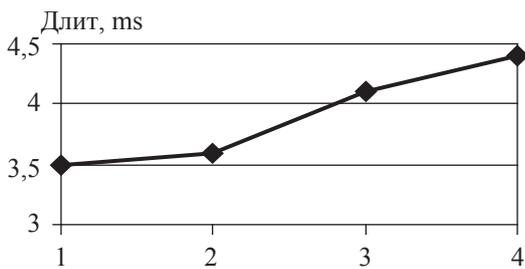


Рис. 11. Длительность подачи топлива при 2000 об./мин

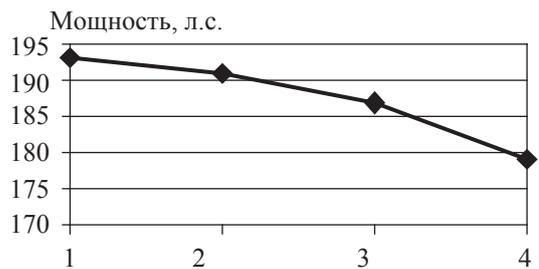


Рис. 12. Мощность

3.3. Измерили параметры впрыска и отобразили результаты измерений:

P_{max} – 32.9 МПа.

Рост – 13.9 МПа.

ДЛИТ – 4.1 мS.

P_{max} – максимальное давление впрыска топлива;

Рост – остаточное давление в топливопроводе высокого давления;

ДЛИТ – длительность подачи топлива.

4. «МОЩНОСТЬ»

В результате высветилось измеренное значение мощности двигателя – 187 л.с.

Результаты исследуемых параметров дизельного двигателя мотортестером представлены в табл. 2 и на графиках

Наименование измерения, параметры	ДТ смесь 1	70 %ДТ:30 %РМ смесь 2	50 %ДТ:50 %РМ смесь 3	30 %ДТ:70 %РМ смесь 4
Ток, потребляемый стартером в момент пуска, А	I-11А	I-11А	I-12А	I-12А
Напряжение АКБ в момент пуска, V	U-22,8V	U-22,3V	U-22,1V	U-21,5V
Максимальное давление впрыска топлива при 650 об./мин ⁻¹	P _{MAX} -19 МПа	P _{MAX} -19 МПа	P _{MAX} -21 МПа	P _{MAX} -23 МПа
Остаточное давление в топливопроводе высокого давления при 650 об./мин ⁻¹	Рост-10,1МПа	Рост-10,3МПа	Рост-10,9МПа	Рост-11,7МПа
Длительность подачи топлива при 650 об./мин ⁻¹	ДЛИТ-2,3mS	ДЛИТ-2,3mS	ДЛИТ-3,1mS	ДЛИТ-3,9mS
Максимальное давление впрыска топлива при 2000 об./мин ⁻¹	P _{MAX} -31,6 МПа	P _{MAX} -32,1 МПа	P _{MAX} -32,9 МПа	P _{MAX} -33,7 МПа
Остаточное давление в топливопроводе высокого давления при 2000 об./мин ⁻¹	Рост-13.2МПа	Рост-13.2МПа	Рост-13.9МПа	Рост-14.5МПа
Длительность подачи топлива при 2000 об./мин ⁻¹	ДЛИТ-3.5mS	ДЛИТ-3.6mS	ДЛИТ-4.1mS	ДЛИТ-4.4mS
Мощность, л.с.	193 л.с	191 л.с	187 л.с	179 л.с

Диагностика двигателя мотортестером на биотопливе (30 %ДТ : 70 %РМ)

1. «СИСТЕМА ПУСКА»

В течение 7 секунд после включения режима идет обработка сигналов с датчиков, в результате на экране появились измерения напряжения U-24.1V и тока I-12А (режим измерений однократный).

Нажав кнопку «1», производим прокрутку двигателя стартером, предварительно заблокировав работу ТНВД. Спустя 7 с на экране мотортестера появилось измерение тока I-12А, потребляемого стартером и напряжения U-21.5V аккумуляторной батареи в момент пуска.

2. «РЕЖИМ ХОЛОСТОГО ХОДА»

1. Электропитание.

2. Угол опережения подачи топлива (УОПТ).

3. Впрыск.

2.1. Результаты измерений в системе электропитания:

Uаб – 24.1V напряжение на клеммах аккумуляторной батареи;

I – 12А постоянный электрический ток, потребляемый или отдаваемый аккумулятором или другими потребителями;

2.2. После совмещения на экране отобразилось значение угла опережения подачи топлива УОПТ 24 пкв.

2.3. Измерили параметры впрыска и отобразили результаты измерений:

P_{max} – 23 МПа.

Рост – 11.7 МПа.

ДЛИТ – 3.9 mS.

P_{max} – максимальное давление впрыска топлива;

Рост – остаточное давление в топливопроводе высокого давления;

ДЛИТ – длительность подачи топлива.

3. РЕЖИМ ПОВЫШЕННЫХ ОБОРОТОВ работает при частоте вращения двигателя 2000 об./мин.

1. Электропитание.

2. Угол опережения подачи топлива (УОПТ).

3. Впрыск.

3.1. Результаты измерения в системе электропитания:

$U_{аб}$ – 26V напряжение на клеммах аккумуляторной батареи;

I – 28A постоянный электрический ток, потребляемый или отдаваемый аккумулятором или другими потребителями.

3.2. После совмещения на экране отобразилось значение угла опережения подачи топлива УОПТ 41 пкВ.

3.3. Измерили параметры впрыска и отобразили результаты измерений:

$P_{мах}$ – 33.7 МПа.

Рост – 14.5 МПа.

ДЛИТ – 4.4 мS.

$P_{мах}$ – максимальное давление впрыска топлива;

Рост – остаточное давление в топливопроводе высокого давления;

ДЛИТ – длительность подачи топлива.

4. «МОЩНОСТЬ»

В результате высветилось измеренное значение мощности двигателя – 179 л.с.

Выводы

Как показали наши исследования, содержание биодобавок влияет на измеряемые параметры. Ток, потребляемый стартером в момент пуска, увеличивается, а напряжение АКБ в момент пуска уменьшается в зависимости от содержания биодобавок, результаты приведены в табл. 2, рис. 4, 5. Следующие измерения топливной системы высокого и низкого давления в табл. 2, рис. 6–11 показали, что давление топлива увеличивается в зависимости от содержания биодобавок в дизельном топливе на разных оборотах двигателя, т.к. вязкость и плотность биотоплива выше, чем у дизельного топлива, поэтому нагнетательный клапан открывается позже, а закрывается раньше, чем на дизельном топливе. Измерение мощности двигателя, табл. 2 и рис. 12, показали, что мощность двигателя снижается в зависимости от биотоплива на 3 %.

Библиографический список

1. Руководство по эксплуатации Мотортестер МОЗ-2. Предприятие-изготовитель: ООО «Тироид», 2007. – 131 с.
2. Савельев, Г.С. Биологическое моторное топливо для дизелей на основе рапсового масла / Г.С. Савельев, Н.В. Краснощеков // Тракторы и с/х машины. – 2005. – № 10. – С. 11–16.
3. Медведков, В.И. Автомобили КамАЗ, УРАЛ / В.И. Медведков, С.Т. Билык, Г.А. Гришин. – М.: Издательство ДОСААФ, 1987.
4. Валеев, Д.Х. Руководство по эксплуатации, устройству, техническому обслуживанию и текущего ремонта автомобиля / Д.Х. Валеев. – Набережные Челны: ОАО «КамАЗ», 2006. – 412 с.

СИСТЕМА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАЦИОНАЛЬНОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ

О.В. БОЛОТОВ, доц. каф. использования водных ресурсов СибГТУ, канд. техн. наук

sibstu@sibstu.kts.ru

В Российской Федерации до настоящего времени проблемным остается вопрос о комплексном информационном обеспечении принятия эффективных управленческих решений в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов.

В соответствии с принятым в 2007 г. Лесным кодексом в качестве основного ин-

струмента государственного управления установлена новая система лесного планирования. На уровне субъектов РФ – лесные планы, лесничеств и лесопарков – лесохозяйственные регламенты, лесных участков, предназначенных для лесопользования – проекты освоения лесов. Новая система лесного планирования должна решать не только среднесрочные и

краткосрочные тактические задачи. Она на основе долгосрочного прогнозирования возможных ситуаций должна позволять разрабатывать соответствующие стратегические варианты развития, как лесного хозяйства, так и всего лесного комплекса субъектов РФ в целом. С учетом значительной продолжительности цикла «рубка леса – восстановление» и глобальных мировых экономических циклов (в среднем 30 лет), «... лесное планирование становится жизненно необходимым не только на 10 лет, но и на более продолжительное время (50–100 лет)» [11]. При этом лесной план должен содержать не только характеристику состояния лесов, оценку лесосырьевого потенциала, но и планы его освоения, охраны, защиты и воспроизводства лесов, а также оценку экономической эффективности этих мероприятий, подробную характеристику, схемы транспортного освоения и многое другое. Достаточно очевидно, что эти задачи весьма не простые, для их качественного решения необходимо иметь систему специального, достоверного и достаточного информационного обеспечения в статике и динамике. Оно должно позволять рассматривать не только текущие, оперативные, но и прогнозныи задачи, базирующиеся на ретроспективном анализе с обязательным использованием методов математического моделирования и оптимизации.

В качестве информационных ресурсов до недавнего времени использовались два основных источника: данные государственного учета лесного фонда и периодического лесоустройства. Развитие геоинформационных систем (ГИС) значительно повысило качество, оперативность и объем информационного обеспечения лесного хозяйства. Однако в лесном хозяйстве России до настоящего времени не принято общее для всех программное обеспечение, поэтому лесоустроительные предприятия и органы управления лесным сектором в практической деятельности используют различные программные продукты ГИС. Мало того, за редким исключением, эти информационные системы не направлены на решение задач прогнозирования, а, следовательно, имеют весьма ограниченные возможности в области планирования и управления. А между тем известно – без прогноза нет управления [9].

В 2008 г. принята Стратегия развития лесного комплекса России на период до 2020 г. В ней в качестве одной из главных целей рассматривается организация устойчивого управления лесами при достаточном обеспечении потребностей лесопромышленного комплекса транспортом и экономически доступными лесными ресурсами. Одной из главных причин низкого использования расчетной лесосеки в России (менее 30 % по стране) является отсутствие достаточно развитой транспортной инфраструктуры. Плотность лесных дорог в основных многолесных регионах Российской Федерации составляет 0,4–0,7 км на 1000 га, что существенно ниже современных требований и уровня этого показателя (в 10–15 раз) в таких странах, как Швеция, Финляндия или Канада.

Более того, сеть лесных дорог в России не только недостаточна по плотности, но и характеризуется крайне неудовлетворительными эксплуатационными качествами, в основном предназначена для сезонной (зимней), а не круглогодичной вывозки древесины и, следовательно, не может использоваться для выполнения требуемого комплекса лесохозяйственных мероприятий. Например, в Красноярском крае порядка 80 % лесовозных дорог – это дороги временного действия, так называемые «зимники».

Советом администрации и Департаментом природных ресурсов и лесного комплекса Красноярского края в 2007 г. принята отраслевая программа «Развитие деятельности по заготовке и переработке древесины» на 2007–2017 гг. Здесь отмечено, что в крае сосредоточены крупнейшие в России лесосырьевые ресурсы – 7,8 млрд м³, или 9,4 % общероссийского запаса древесины. При наличии расчетной лесосеки 66,35 млн м³ фактический объем лесозаготовки по всем видам пользования в 2007 г. составил 15,65 млн м³ (23,6 % от расчетной лесосеки). Программа прежде всего направлена на увеличение объемов заготовки древесины за счет развития инфраструктуры, глубокой переработки древесного сырья и привлечения инвестиций.

Достаточно характерно, что и доклад на IX Международном лесном форуме

(Санкт-Петербург, 2007) заместителя губернатора Красноярского края, руководителя Департамента природных ресурсов и лесной отрасли администрации края А. Гнездилова назывался «Стимулы, механизмы и принципы эффективного управления лесной инфраструктурой». В докладе также была отмечена одна из главных проблем лесного комплекса – слабое развитие лесной дорожной инфраструктуры. На территории, например, Богучанского и Кежемского районов, где выполняются наиболее интенсивные лесозаготовки, на 1000 га приходится всего 0,35 км лесных дорог. При этом на один Богучанский район – «центр» лесозаготовок Нижнего Приангарья – приходится почти 60 % лесных дорог с твердым покрытием, в котором и вывозится около 70 % древесины от общего объема в этих районах. Становится очевидным, что экономическая доступность в крае обеспечена только 24 млн м³ древесины, то есть 36,2 % от расчетной лесосеки.

Согласно принятым в крае программным документам к 2016 г. должно быть построено более одной тысячи километров лесовозных грузосборочных магистралей. Однако, по известным нормативам Гипролестранса, для эффективной заготовки и вывозки только 1 млн м³ древесины необходимо построить еще как минимум 45 км дорог круглогодочного действия (10 км магистралей и 35 км веток), а также не менее 160 км усов. Легко подсчитать, что на планируемое в краевой программе увеличение объемов заготовки древесины до 25 млн м³ (почти на 10 млн м³) потребуются построить около 450 км дорог и затратить при этом (при средней стоимости строительства лесных дорог – веток и магистралей) около 1 млрд руб. И это без учета необходимого строительства дорог лесохозяйственного назначения и усов.

Вполне очевидно, что для реализации таких капиталоемких проектов, как развитие дорожной инфраструктуры лесной промышленности и лесного хозяйства, в первую очередь необходимо научно обоснованное информационное обеспечение принятия эффективных управленческих решений, в частности, по разработке вариантов и определению оптимальных транспортно-технологических схем освоения

ресурсов древесины с одновременным определением их экономической доступности. Эти схемы должны соответствовать уже принятым проектам и программам развития региона, инвестиционной заинтересованности, требованиям технико-экономической эффективности, социальной значимости и другим региональным и местным особенностям.

Более того, при планировании и проектировании освоения лесов необходимо соблюдать природоохранные требования и экологические ограничения. В частности, недостаточный учет экономической доступности ресурсов древесины, реальной динамики лесного фонда (с учетом результатов лесовосстановления и возможных потерь от пожаров, энтомовредителей и других негативных факторов) приводит к завышению величины расчетной лесосеки, а на практике к перерубу и истощению спелых лесов. Кроме того, продолжается, уже ставшая нормой, практика превышения допустимых объемов рубки в хвойном хозяйстве. Так, в расчетной лесосеке по главному пользованию Красноярского края хвойное хозяйство составляет 62,7 %, а фактические рубки (например в 2007 г.) хвойных пород – 90,4 %. Следует отметить и еще одно весьма существенное обстоятельство. Отсутствие лесных дорог круглогодочного действия практически исключает возможность своевременно, качественно и в полном объеме выполнять требуемый регламентом комплекс лесохозяйственных мероприятий по комплексному использованию, защите, охране и воспроизводству лесов.

Такое положение дел в лесном комплексе не обеспечивает реального соблюдения основных законодательно утвержденных принципов устойчивого управления, сохранения и рационального, непрерывного, неистощительного использования лесов.

Таким образом, определяется актуальность исследований и разработки специализированной системы информационного обеспечения принятия эффективных управленческих решений, прежде всего в области рационального использования лесов. В первую очередь требуется разработать методы автоматизированного проектирования рациональных схем сети лесных дорог с уче-

том динамики всего лесного фонда объекта лесопользования и одновременно определением экономической доступности ресурсов древесины. На основе этой информации должно выполняться планирование размещения лесозаготовительного и лесохозяйственного производства на многовариантной основе. То есть, с возможностью варьирования основных природных, технико-экономических, технологических и других факторов, лесохозяйственных условий и экологических ограничений, конъюнктуры рынка с обязательным прогнозированием на долгосрочную перспективу возможных сценариев и результатов. При этом должны быть выполнены все требования лесного законодательства.

Анализ разработанного и апробированного к настоящему времени информационного обеспечения, которое позволяло бы решать указанные выше задачи, приведен нами ранее [4, 5] и здесь не повторяется. Отметим лишь, что известные нам разработки не позволяют качественно решать современные задачи и тем более решать их комплексно на единой методологической основе.

В результате многолетних исследований, выполненных нами в рамках грантов, госбюджетных, хоздоговорных и диссертационных работ, была разработана система информационного обеспечения, позволяющая решать два основных блока задач.

1. Рационально размещать лесопромышленное и лесохозяйственное производства на основе автоматизированного проектирования сети лесных (лесовозных и лесохозяйственных) дорог для любых объектов и условий лесопользования на кратко-, средне- и долгосрочную перспективу с одновременным определением экономической доступности ресурсов древесины и учетом динамики лесного фонда.

2. Корректировать допустимый размер пользования с учетом динамики лесного фонда (рубок, процессов лесовосстановления после сплошнолесосечных рубок, возможных «рисков» – потеря лесных ресурсов от пожаров, вредителей и др.) и экономической доступности ресурсов древесины.

Были разработаны математические модели, алгоритмы и соответствующее про-

граммное обеспечение: динамики лесного фонда на один оборот рубки и больший период времени; оптимизации величины расчетной лесосеки для отдельной и группы хозяйственных секций; автоматизированного проектирования рациональных схем сети лесных дорог и определения экономической доступности ресурсов древесины. На основе вышеуказанного инструментария разработаны соответствующие методики, которые и составляют основу информационного обеспечения принятия эффективных управленческих решений в области лесопользования [2–5].

В результате многочисленных вычислительных экспериментов, выполненных с помощью вышеуказанного инструментария, подтверждена адекватность моделей и достоверность результатов. Установлены зависимости влияния основных технико-экономических и природных факторов на вид, структуру и другие характеристики сети лесных дорог, экономическую доступность ресурсов древесины, а также размер пользования и его зависимость от экономической доступности, процессов лесовосстановления, «рисков» – возможных потерь лесных ресурсов от пожаров, вредителей и других факторов.

По сути, проводилось имитационное моделирование в основном на реальных объектах лесного фонда Нижнего Приангарья. При этом исследовались объекты лесопользования с различными (в широком диапазоне варьирования) таксационными показателями и природно-географическими характеристиками. Варьировались также технико-экономические условия и транспортно-технологические схемы освоения участков лесного фонда (лесосека, арендный участок, лесничество, группа лесничеств, лесхоз) и доставки древесины потребителям. Часть исследований выполнялась на абстрактных объектах в основном для установления адекватности моделей и границ их применимости.

В частности, установлены: степень влияния лесовосстановления после рубок и рисков потерь от пожаров на величину размера пользования, зависимости экономической доступности участков лесного фонда от затрат на строительство дорог, вывозку круглых лесоматериалов, разности стоимости то-

варной продукции и затрат на лесозаготовку. Выявлена зависимость вида схемы сети лесных дорог от транспортных технико-экономических показателей – стоимости вывозки древесины, строительства дороги и размера объекта лесопользования.

Следует отметить, что в практике неавтоматизированного проектирования существует несколько классических видов схем сети лесовозных дорог: в «елочку», вильчатого, веерного и комбинированного типов. В научной литературе, как уже отмечалось ранее [8], предлагается подходить к выбору того или иного вида схемы только исходя из слабо формализованных рекомендаций. Например, вильчатую схему рекомендуется использовать в горной местности при трассировании веток на склонах гор параллельно горизонталям и для освоения небольших по площади массивов. Схему путей в «елочку» целесообразно применять в пересеченной местности, где она хорошо вписывается в рельеф местности, определяемый наличием развитой речной системы, а также для освоения средних по площади лесных массивов. Идеальной, с точки зрения минимизации среднего расстояния вывозки, является веерная схема, которая, однако, не может реально использоваться (да и не применяется на практике). В этом варианте сеть дорог будет представлена в виде пучка расходящихся из одного центра примыкания дорог (нижнего склада), протяженность которых становится предельно максимальной. Основной характеристикой, определяющей эффективность того или иного вида схемы дорог, рекомендуется принимать средневзвешенное расстояние вывозки древесины за весь период эксплуатации участка леса. Оно определяется как частное от деления суммарной грузовой работы на эксплуатационный запас древесины и удельные приведенные затраты. Но в этом случае потребуется спроектировать (без средств автоматизированного проектирования, поскольку таких пока не разработано) для исследуемого участка лесного фонда хотя бы основные, из указанных выше, варианты схем, вычислить необходимые технико-экономические показатели и только тогда можно будет определить наиболее эффективный вариант. Разумеется, такой метод

является исключительно трудоемким и никак не гарантирует оптимальность результата.

Следует особо подчеркнуть, что в зависимости от варьирования (в достаточно широком диапазоне) исходных данных проектируемые (многочисленные расчетные эксперименты) по предлагаемому нами методу схемы сети дорог стабильно соответствуют одному из известных в проектной практике классических видов или их комбинациям. Это, несомненно, подтверждает, с одной стороны, достоверность, адекватность и устойчивость предлагаемого нами инструментария автоматизированного проектирования. С другой – предполагает некоторую закономерность зависимости изменения вида схемы дорог от величины и соотношения исходных данных, а также принятых критериев оптимизации.

Например, критерий минимизации среднего расстояния вывозки ($L_{\text{ср}} \rightarrow \min$) предполагает минимизацию затрат $C_{\text{в}}$ на вывозку древесины. Для этого условия оптимальным видом сети должен являться веерный вид, когда дороги проходят по кратчайшему расстоянию от лесосеки до нижнего склада. Критерию минимизации суммарной протяженности всей сети дорог ($\Sigma L \rightarrow \min$) наиболее соответствующим видом будет вильчатый, когда от пункта доставки древесины отходят одна или две магистрали, а к ним примыкают ветки, которые постепенно соединяют все близлежащие выделы с этими магистралями. Однако при уменьшении среднего расстояния вывозки общая протяженность лесовозных дорог увеличивается. Промежуточное положение занимают комбинированный вид и в «елочку».

С целью установления предполагаемой закономерности зависимости изменения вида схемы дорог от величины и соотношения исходных данных были выполнены специальные исследования. В результате [4, 5] была установлена однозначная зависимость, обуславливающая изменение вида схемы лесных дорог от коэффициента (названного нами коэффициентом вида сети) $K_{\text{с}}$, который определяется по формуле

$$K_{\text{с}} = C_{\text{в}}/C_{\text{стр}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{стр}}$ – стоимость строительства дороги.

В результате вычислительного эксперимента установлено, что при значениях

коэффициента K_c меньше 0,7 проектируется вильчатый вид сети. При значениях этого коэффициента от 0,7 до 7 схема лесных дорог располагается в «елочку», от значений больше 7 до 28 формируется комбинированный вид. При значениях коэффициента K_c больше 28 схема сети трансформируется в веерный вид.

Кроме того, установлена достаточно четкая зависимость, обуславливающая изменение вида схемы сети дорог от значения коэффициента K_c , который позволяет дифференцировать многообразие участков лесного фонда по их величине и, следовательно, по запасу на отдельных выделах. Например, для сравнительно мелких участков (квартал и менее) по нашей методике проектируется вильчатая схема дорог. По сути, это временные лесовозные дороги – усы, предназначенные для вывозки (трелевки) древесины непосредственно из лесосеки, которые в реальной практике и прокладываются по указанной схеме (коэффициент K_c меньше 0,7, минимизируются затраты на вывозку). С другой стороны, для крупных объектов, например территории целого лесхоза (в соответствии с новым Лесным кодексом 2007 г. лесостроительство будет проектировать лесничества и лесопарки) или их групп, проектируемый вид схемы – веерный (коэффициент K_c больше 28, минимизируются затраты на строительство дорог). Для последнего варианта нами рекомендуется определять экономическую доступность ресурсов древесины в виде зон, ограниченных радиусами, которые обозначают классы доступности в зависимости от уровня рентабельности их освоения. А для проектирования рациональной схемы сети дорог следует разделить этот крупный объект на более мелкие, например, лесхоз на лесничества и уже для них могут быть спроектированы сети лесных дорог. Для лесничеств или арендных участков крупных лесозаготовителей при значениях коэффициента K_c от 0,7 до 7 схема лесных дорог представляет вид, близкий к «елочке», от 7 до 28 – формируется комбинированный вид.

В то же время в процессе исследований определился ряд недостатков разработанных нами ранее алгоритмов и программ

[1, 4, 5, 10]. Так, при реализации расчетов требуются значительные предварительные (до использования программы) и последующие (после программные) работы по подготовке исходных данных и интерпретации результатов расчета, в частности, по выбору типа и категории отдельных участков сети лесовозных дорог, учету рельефа и других особенностей местности. Кроме того, недостаточно эффективно был решен вопрос оптимизации узлов дорожной сети. В качестве алгоритма поиска кратчайших путей в графах был использован алгоритм Флойда–Уоршелла, который не в полной мере отвечает требованиям решаемых задач и современным информационным технологиям. Это динамический алгоритм для нахождения кратчайших расстояний между всеми вершинами взвешенного ориентированного графа. Его очень легко реализовать на любом языке программирования, однако алгоритм определяет только кратчайшие расстояния между всеми парами вершин, но не сохраняет информации о кратчайших путях. Преимущество алгоритма Флойда–Уоршелла состоит и в том, что он пригоден для большинства графов с ребрами неотрицательной длины, отличный вариант для решения задачи в общем случае, без особых условий. Серьезным недостатком алгоритма является необходимость несколько раз анализировать одну и ту же вершину, что приводит к лишним итерациям и к значительным затратам машинного времени и ресурсов.

В связи с этим были проведены дополнительные исследования с целью устранения отмеченных недостатков, которые опубликованы нами ранее [6, 7]. Кратко отметим лишь основные задачи и результаты этих исследований.

Во-первых, выполнен более детальный анализ алгоритмов, предназначенных для нахождения кратчайших путей в графах: Дейкстры, Дейкстры–Грибова, Левита, Йена, Флойда–Уоршелла, Форда–Беллмана и Джонсона. Следует подчеркнуть, что основной задачей любого алгоритма, позволяющего построить схему сети дорог, является процесс поиска кратчайшего пути (в нашем случае) между нижним складом и центрами выделов.

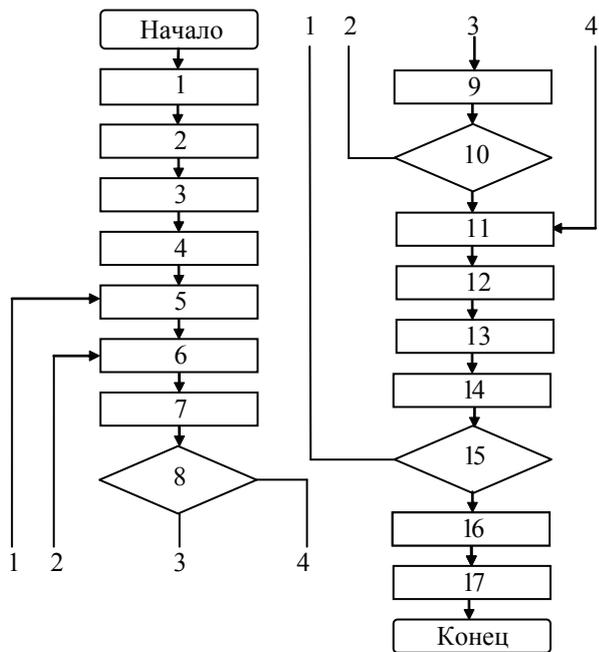


Рис. 1. Блок-схема алгоритма проектирования сети лесных дорог

Выбору алгоритма следует уделить особое внимание, так как именно с его помощью выполняется основная часть работы программы, и он в большей части определяет эффективность ее работы, да и решение задачи в целом. Отметим, что к основным особенностям решаемой здесь задачи следует отнести: а) необходимость использования полного ориентированного графа (граф дерево), позволяющего включать в расчет большое количество вершин; б) в графе отсутствуют ребра с отрицательным весом; в) сеть дорог в рассматриваемом объекте отсутствует либо имеется ее незначительная часть; г) все вершины, включенные в проектируемую сеть, должны быть соединены с первой вершиной (нижним складом) дорогами, обеспечивающими минимальные транспортные затраты; д) каждое вновь добавленное ребро влияет на матрицу весов графа, а после добавления каждого очередного ребра необходимо пересчитывать матрицу весов ребер графа; е) в конечную сеть дорог могут быть включены не все вершины графа; ж) при построении сети дорог необходимо определить не только транспортные затраты при движении (по кратчайшему пути) от первой до каждой вершины, но и список вершин, через которые проходит этот кратчайший путь. В результате проведенного анализа установлено, что из всех перечислен-

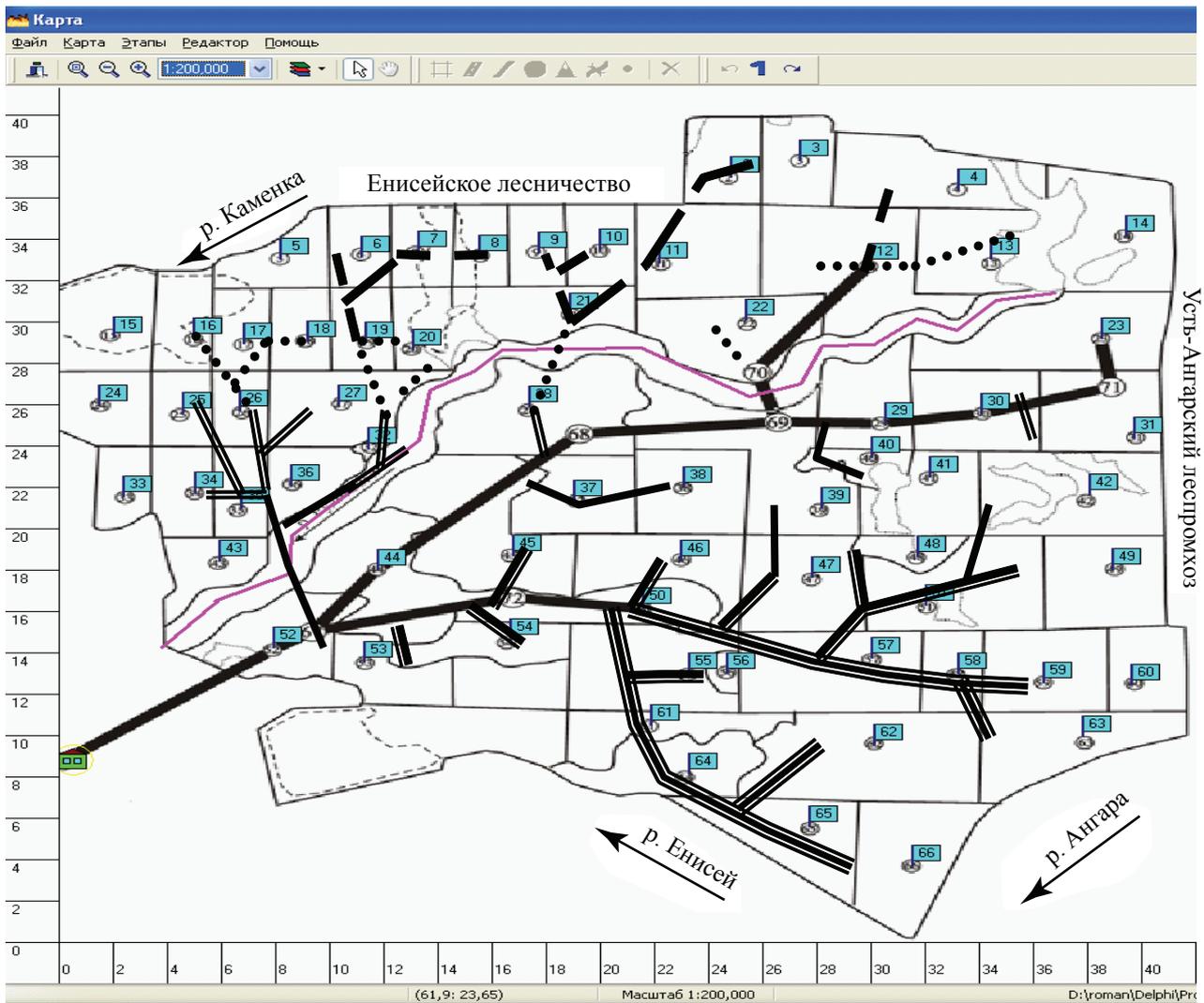
ных выше алгоритмов лучше всего отвечает перечисленным особенностям алгоритм Дейкстры. Этот алгоритм имеет ряд преимуществ по сравнению с другими. Он позволяет находить кратчайшие расстояния между одной вершиной графа и всеми остальными, имеет приемлемую сложность даже при работе с полными графами и просто реализуется на любом языке программирования.

Во-вторых, изучен и реализован новый методический прием – использование в графе дополнительных вершин (помимо центров выделов). Дополнительные вершины позволяют более детально учесть особенности местности (рельеф, реки, болота и т.п.), а также рассматривать дополнительные варианты проектирования схем сети дорог в зависимости от этих особенностей [7].

В-третьих, произведена оптимизация расположения и структуры узлов дорог, которые предложено размещать не только в вершинах графа (центрах выделов), но и в дополнительных вершинах. Это, как показали исследования, обеспечивает более рациональную структуру узлов и минимизацию длин, входящих в узел дорог [6].

В-четвертых, исследована и установлена зависимость общих транспортных затрат от объемов вывозки и, что особенно важно, разработаны объективные рекомендации для выбора типа и категории дороги на каждом отдельном участке ее сети. Обоснована целесообразность и установлены количественные показатели, определяющие эффективность перехода с одного типа дороги на другой. Переход должен осуществляться при достижении объема вывозимой по этому участку древесины выше определенного значения, что позволяет уменьшить общие транспортные затраты за счет снижения затрат на вывозку.

На основе алгоритма Дейкстры и перечисленных выше исследований разработан усовершенствованный алгоритм проектирования рациональной схемы сети лесных дорог (лесовозных и лесохозяйственных), блок-схема которого представлена на рис. 1. На рисунке блоки 1–17 обозначают: 1. Ввод матрицы стоимостей строительства и ремонта дорог;



- имеющаяся дорога;
- участки дороги, которые необходимы в первый период освоения;
- участки дороги, необходимые во второй;
- участки дороги, необходимые в третий;
- участки дороги, необходимые в четвертый;
- участки дороги, необходимые в пятый;
- участки дороги, необходимые в шестой период освоения

Рис. 2. Схема дорог, спроектированная по программе СЛД-1 с градацией по периодам освоения

2. Ввод данных, характеризующих вершины графа – укрупненные выделы (координаты центров выделов, группу класса возраста и преобладающую породу); 3. Ввод данных о существующих дорогах, рельефе и других особенностях местности – реках, болотах и т.п.; 4. Формирование первоначальной матрицы весов ребер; 5. Создание списка неосвоенных выделов, для данного этапа; 6. Построение схемы сети лесовозных дорог; 7. На всех ребрах графа определяются дополнительные вершины и выполняется

поиск кратчайших путей до центров всех неосвоенных ранее выделов с одновременным определением рентабельности их освоения; 8. Добавление в транспортную сеть выделов с минимальными транспортными затратами и неотрицательной рентабельностью (вершина исключается из списка неосвоенных выделов). Если таких вершин нет, то переходим к пункту 11; 9. Путь до выдела фиксируется как построенный и корректируется матрица весов ребер; 10. Если есть еще неосвоенные выделы, то переходим к пункту 6; 11. Оп-

ределение грузопотока для всех дорог сети; 12. Выбор типа дорог, построенных на текущем этапе; 13. Определение показателей экономической эффективности (прибыль, рентабельность) освоения укрупненных выделов для текущего этапа; 14. Все нерентабельные выделы текущего этапа переносятся в список неосвоенных следующего этапа; 15. Если еще не рассмотрены все этапы, то перейти к рассмотрению очередного временного этапа; 16. Построение сети лесохозяйственных дорог; 17. Сохранение всех полученных данных.

При проектировании схемы сети дорог с использованием алгоритма, приведенного на рис. 1, устраняются все отмеченные ранее недостатки. В частности, особенности местности (реки, болота и т.п.) учитываются непосредственно в процессе реализации автоматизированного проектирования. Все данные об этих объектах вводятся в расчет вместе с исходными данными и впоследствии учитываются при поиске кратчайших путей. Кроме того, в основной части алгоритма производится ввод дополнительных вершин в граф, которые дают возможность строить пути не только по центрам выделов.

Дополнительные точки размещаются на ребрах – дорогах, которые уже включены в схему сети. После нахождения кратчайшего пути, все незадействованные в проектируемой сети вспомогательные вершины удаляются из графа. Это уменьшает длину пути между нижним складом и центром выдела и позволяет приблизить схему сети к реальным условиям. Подготовка данных для реализации алгоритма занимает незначительное время, что позволяет оперативно рассмотреть и проанализировать несколько альтернативных вариантов решений и выбрать наиболее эффективный.

На основе результатов указанных в работе исследований и алгоритма (рис. 1) в 2008 г. были разработаны значительно усовершенствованные программы проектирования рациональной схемы сети лесных дорог и одновременного определения экономической доступности лесных ресурсов, названные нами соответственно – сеть лесовозных дорог (СЛД-1) и сеть лесных (лесовозных и лесохозяйственных) дорог (СЛД-2). (Свидетельства о государственной регистрации программ для

ЭВМ № 2008614147 (2008 г.) и № 2009610561 (2009 г.) «Проектирование рациональной схемы сети лесовозных автодорог», авторы О.В. Болотов, Ю.М. Ельдештейн, Р.А. Черных).

На рис. 2 представлена схема одного из вариантов сети лесовозных дорог, спроектированная по программе СЛД-1 для реальных условий арендного участка Высокогорского лесозаготовительного предприятия филиала Лесосибирского лесопильно-деревообрабатывающего комбината № 1 (Красноярский край, г. Лесосибирск). Участок расположен на территории бывшего Енисейского лесхоза в Рудюковском лесничестве.

На схеме дорог в границах арендного участка показаны: в левом нижнем углу – пункт доставки древесины (нижний склад); флажками с номером – центр укрупненного выдела; квартальная сетка с номером квартала; река и др.

На рисунке приведена схема сети лесных дорог с градацией по периодам освоения, продолжительность которых может быть установлена в требуемом для планирования освоения участка временном интервале. Например, один год – планирование ежегодной производственной программы на 6 лет (краткосрочное и среднесрочное планирование), 10 или 20 лет – долгосрочное планирование с учетом динамики лесного фонда (10 и 20 лет – периоды перехода лиственных и хвойных древостоев из одной возрастной градации в другую), то есть шестой период освоения будет соответствовать обороту рубки, если на данном арендном участке имеется возможность организовать непрерывное и неистощительное лесопользование. При этом возможность организации непрерывного и неистощительного лесопользования легко проверить, моделируя процесс ежегодных рубок. Укрупненные выделы, к которым дороги не проложены, на рассматриваемый период времени и заданном уровне рентабельности являются экономически недоступными. При необходимости, используя программу СЛД-2, до этих участков могут быть спроектированы лесохозяйственные дороги для возможности выполнения комплекса необходимых лесохозяйственных мероприятий. В местах пересечения дорогами реки могут быть рас-

смотрены альтернативные варианты. Можно запланировать строительство моста, тогда дорога будет круглогодичного действия и все выделы, которые находятся за мостовым переходом, могут планироваться к освоению с вывозкой древесины в любое время года. Если мост не проектируется, то дорога сезонного действия, а вывозка может производиться только в зимний период.

Таким образом, разработанное информационное обеспечение позволяет на многовариантной основе моделировать процесс освоения лесов и принимать решения, обеспечивающие рациональное и экономически эффективное лесопользование.

Библиографический список

1. Болотов, О.В. Оптимизация лесопользования Нижнего Приангарья / О.В. Болотов, Ю.М. Ельдештейн, А.И. Привалихин // Труды первой научно-практич. конф. по реализации Федеральной целевой программы освоения Нижнего Приангарья. – Красноярск, 1997. – С. 178–180.
2. Болотов, О.В. Математическое моделирование динамики лесного фонда и оптимизация лесопользования / О.В. Болотов, Ю.М. Ельдештейн, А.А. Колесник // Лесной журнал. – 1999. – № 6. – С. 27–31.
3. Болотов, О.В. Моделирование и оптимизация размеров главного пользования лесом: монография / О.В. Болотов, Ю.М. Ельдештейн, А.С. Болотова. – Красноярск: СибГТУ, 2004. – 80 с.
4. Болотов, О.В. Основы расчета и планирования устойчивого управления лесопользованием: монография / О.В. Болотов, Ю.М. Ельдештейн, А.С. Болотова и др. – Красноярск: СибГТУ, 2005. – 183 с.
5. Болотов, О.В. Экономическая доступность лесных древесных ресурсов / О.В. Болотов, А.П. Мохирев // Вестник КГУ. Естественные науки. – 2006. – № 5/1. – С. 5–9.
6. Болотов, О.В. Оптимизация расположения точек примыкания лесных дорог / О.В. Болотов, Р.А. Черных // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения // Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции. Т. 2. – Красноярск: СибГТУ, 2007. – С. 239–241.
7. Ельдештейн, Ю.М., Зависимость затрат на строительство лесовозных дорог от объемов вывозки / Ю.М. Ельдештейн, О.В. Болотов, Р.А. Черных // Вестник КрасГАУ. Экономика. – 2008. – № 1. – С. 3–9.
8. Ильин, Б.А. Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог: учебник для вузов / Б.А. Ильин, Б.И. Кувалдин. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 384 с.
9. Кузнецов, В.И. Математическое моделирование эволюции леса для целей управления лесным хозяйством / В.И. Кузнецов, Н.И. Козлов, П.М. Хомяков. – М.: ЛЕНАНД, 2005. – 232 с.
10. Мохирев, А.П. Обоснование проектирования сети лесных дорог на примере предприятий Нижнего Приангарья: дис... канд. техн. наук: 05.21.01 / Мохирев Александр Петрович. – Красноярск, 2007. – С. 156–165.
11. Савинов, А.И. Государственное лесное планирование и лесной план субъекта Российской Федерации / А.И. Савинов // Лесная газета. – 2009. – 31 января. – № 8 (9958).

ОЦЕНКА ЭРГОНОМИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В.А. БОРИСОВ, доц. каф. транспорта леса МГУЛ, канд. техн. наук,
 Н.И. КАЗНАЧЕЕВА, доц. каф. транспорта леса МГУЛ, канд. техн. наук,
 О.В. СВИРИДОВ, асп. каф. транспорта леса и инж. геодезии ВГЛТА,
 А.Ю. ЧУВЕНКОВ, асп. каф. транспорта леса и инж. геодезии ВГЛТА

vborisov@mgul.ac.ru

Эргономическое качество автомобильных дорог оценивается по результатам проверки степени их соответствия функциональным требованиям водителей. За критерий соответствия принимается признак нормального функционирования механизмов адаптации организма водителя к условиям деятельности.

Для одиночных водителей системный показатель степени соответствия дороги (К) рассчитывается по формуле

$$K = V_k / V_n,$$

где V_k , V_n – фактическая (расчетная) и нормальная (норма) скорости движения водителя в данных дорожных условиях, км/ч.

Под нормальной (нормой) скорости движения понимается такая, при которой обеспечивается минимальное психическое принуждение и минимальные энергетические затраты водителя. Это оптимальная и наиболее адекватная условиям движения из реально возможных скоростей.

Для водителя, движущегося в транспортном потоке, системный показатель степени соответствия дороги (K_n) рассчитывается по формуле

$$K_n = (V_k \cdot V_{гр} + V \cdot V_{пк}) / V_n \cdot V_{гр}$$

где V_k – предельно допустимая скорость движения по показателям функционального состояния k -го водителя, км/ч;

$V_{гр}$ – предельно допустимая скорость движения для группы связанных водителей, км/ч;

V_n – норма скорости движения для группы водителей, км/ч;

V – фактическая скорость движения группы водителей, км/ч;

$V_{пк}$ – скорость по показаниям компьютера, км/ч.

Под предельно допустимой понимается такая скорость движения, превышение которой сопровождается функциональными сдвигами в работе механизмов адаптации, выходящими за пределы нормы.

Норма скорости и предельно допустимая скорость движения одиночного водителя устанавливается в период отсутствия движения транспортных средств.

Норма скорости устанавливается по результатам пробных заездов ходовой лаборатории по оцениваемому маршруту в регламентированном режиме, т. е. с заданными скоростями движения 20, 40, 60, 80, 100 км/ч.

В процессе пробных заездов осуществляется непрерывная регистрация фактических скоростей движения.

По результатам регистрации оцениваются отклонения фактической скорости от заданной по формуле

$$\Delta V = V_k - V_3$$

где ΔV – отклонение скорости, км/ч;

V_3 – заданная скорость движения, км/ч.

Заданная скорость, при которой отклонения ΔV обращается в нуль, принимается за норму скорости V_n в данных дорожных условиях.

Предельно допустимая скорость для одиночного водителя устанавливается по результатам пробного проезда по оцениваемому маршруту ходовой лаборатории вне регламентированного режима движения.

В процессе пробного проезда производится непрерывная регистрация частоты сердцебиения водителя и мгновенной скорости движения автомобиля лаборатории.

По результатам регистрации строится гистограмма распределения фактических скоростей движения. Затем для каждого классового интервала скоростей строится гистограмма распределения сдвигов частоты сердцебиения. Последняя оценивается по формуле

$$\Phi = (f_1 - f_0) \cdot 100 \% / f_0$$

где f_1, f_0 – частоты сердцебиения водителя при движении и в фоне, удар./мин.

За фоновые принимаются частоты, которые фиксируются у водителя перед началом движения, в положении сидя, после 10–15 минут отдыха в расслабленном состоянии.

В каждом классовом интервале скоростей рассчитывается коэффициент асимметрии гистограммы сдвигов частоты сердцебиений по формуле

$$A_s = \sum n(\Phi_i - \Phi)^3 / N\sigma^3$$

где A_s – коэффициент асимметрии;

Φ_i – i -е значение сдвига частоты сердцебиения, %;

Φ – математическое ожидание величин;

σ – среднее квадратическое отклонение величин;

N – число членов выборки;

n – частота величин Φ_i .

За предельно допустимую принимается максимальная из скоростей середин классовых интервалов, которым соответствуют минимальные значения коэффициентов асимметрии гистограмм распределения сдвигов частоты сердцебиений в этих интервалах.

Норма скорости и предельно допустимая скорость движения для группы водителей определяются как средневзвешенные значения по формулам

$$V_{нз} = \sum_{k=1}^n V_n \times P_k, \quad V_{пк} = \sum_{k=1}^n V_{пк} \times P_k$$

где P_k – доля автомобилей k -го типа в группе;

n – число автомобилей в группе.

Коэффициенты приведения скоростей

Тип и марка автомобиля	Коэффициенты приведения
Грузовые автомобили	
КрАЗ-65055-040	0,79
ЗИЛ-131	0,67
Урал-63674	0,75
УАЗ 3303	0,71
Легковые автомобили	
ГАЗ-31105	1,22
Микроавтобусы	
УАЗ-469, УАЗ –Hunter	1,00
Автобусы	
КАВЗ 4239, ЛИАЗ 52922	0,71

Для оценки нормальных и предельно допустимых скоростей движений для марок автомобилей, отличных от ходовой лаборатории, рекомендуется пользоваться переходными коэффициентами, приведенными в таблице.

Фактическая скорость движения группы водителей определяется как средневзвешенная из фактических скоростей автомобилей транспортного потока.

Оценка эргономического качества автомобильных дорог и условий движения производится участками длиной не менее 5 км каждый или на маршруте в целом.

В роли испытуемого следует использовать водителя с высокорезактивным типом нервной системы и стажем профессиональной деятельности не менее 5 лет.

Качество автомобильных дорог является интегральной характеристикой эргономического и эстетического качества, функционального назначения и других и оценивается частными пользователями.

Эргономические качества автомобильной дороги определяются методом экспресс-диагностики по результатам проверки степени соответствия параметров дорог и дорожных сооружений психофизиологическим особенностям водителей.

За критерий соответствия принимается признак нормального функционирования механизмов адаптации организма водителя к условиям деятельности. При этом степень соответствия определяется отношением пре-

дельно допустимой скорости движения по показателям функционального состояния водителя к максимально возможной, определяемой техническими характеристиками автомобилей.

Эстетические качества эксплуатируемой дороги рекомендуется устанавливать по величине коэффициента асимметрии, согласно частоте сердцебиения водителя.

Регистрация параметров трассы дороги и параметров функционального состояния водителя осуществляется при помощи информационно-вычислительного комплекса ИВК-ХАДИ-1.

Библиографический список

1. Курьянов, В.К. Лесотранспорт как система водитель–автомобиль–дорога–среда / В.К. Курьянов, А.В. Скрыпников, В.А. Борисов. – М.: ВГЛТА, МГУЛ, 2010. – 370 с.
2. Ларионов, В.Я. Проектирование лесных дорог / В.Я. Ларионов. – М.: МГУЛ, 2009. – 93 с.
3. Котляр, В.И. Транспортно-эксплуатационные расчеты / В.И. Котляр, В.Я. Ларионов, М.А. Сорокин. – М.: МГУЛ, 2007. – 35 с.
4. Подольский, В.П. Охрана окружающей среды при строительстве и ремонте автомобильных дорог: справочная энциклопедия дорожника (СЭД) Т.VIII / В.П. Подольский, В.Г. Артюхов, И.Е. Евгеньев и др.; под ред. В.П. Подольского. – М.: Информавтодор, 2008. –503 с.
5. Строительство и реконструкция автомобильных дорог: справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т. 1 / А.В. Васильев, Б.С.Марышев, В.В.Силкин и др.; под ред. А.П.Васильева.–М.: Информавтодор, 2005.–646 с.: с ил.
6. СНиП 2.05.07-91. Промышленный транспорт.

БЛАГОПРИЯТНАЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНАЯ СИТУАЦИЯ ДЛЯ ВЪЕЗДА ОДИНОЧНЫХ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ НА АВТОМОБИЛЬНУЮ ДОРОГУ ИЛИ СЪЕЗДА С НЕЕ

А.В. СКРЫПНИКОВ, *проф. каф. транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА, д-р техн. наук,*
О.В. СВИРИДОВ, *асп. каф. транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА,*
А.Ю. ЧУВЕНКОВ, *асп. каф. транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА,*
М.И. РЯЗАНЦЕВА, *студент ВГЛТА*

skrupnikovvsafe@mail.ru

Примыкания лесовозных дорог к дорогам общего пользования могут располагаться с двух или с одной стороны дороги. С точки зрения безопасности движения расположение примыканий лесовозных автомобильных дорог с одной стороны менее желательно. В случае съезда с дороги с выполнением левого поворота необходимо пересекать путь движения встречного автомобильного потока. А также при въезде на дорогу с выполнением левого поворота приходится пересекать по крайней мере два автомобильных потока (первый, идущий слева, и второй, идущий справа, с которым происходит «слияние» для продолжения движения в желаемом направлении). Ясно, что такие маневры более опасны, чем въезд на дорогу с выполнением правого поворота, т.е. когда примыкание лесовозной автомобильной дороги расположено справа по ходу движения. С ростом интенсивности движения условия для выполнения необходимого маневра быстро ухудшаются. С некоторого момента может наступить необходимость улучшения теми или иными инженерными мерами. Для выявления такого момента, знание которого необходимо для своевременного планирования, разработки и реализации мер по улучшению условий движения в зоне примыкания лесовозной автомобильной дороги, определим количественные критерии дорожно-транспортных ситуаций (ДТС).

Здесь мы рассматриваем ДТС, которая наиболее желательна для водителей, застать которую они всегда надеются при выполнении любого маневра. Самой благоприятной ДТС является такая, когда необходимый маневр выполняется сходу, без какой-либо задержки, кроме того в удобном для водителя режиме движения и безопасным образом. При этом мы рассматриваем примыкания, имеющие

малую интенсивность движения. Т.е. такие, по которым движутся не потоки автомобилей, а лишь одиночные лесовозные автопоезда, и по которым на дорогу общего пользования въезжают также не потоки, а одиночные автомобили. Характер большинства примыканий именно таков, и поэтому рассматриваемые условия достаточно типичны.

Обращаясь к математическому описанию самой благоприятной для одиночного автомобиля ДТС, отмечаем следующее.

Одиночным автомобилем считается такой, когда в момент возникновения у него необходимости в маневре, а также за время описания условий для этого и за время выполнения маневра другой автомобиль в том же месте ожидания не появляется.

Местом выполнения маневра считается поперечник проезжей части, на которой в случайные моменты времени поступают автомобили потоков главной дороги и автомобиль, выполняющий рассматриваемый маневр (съезд налево на лесовозную автодорогу).

Для выполнения конкретного маневра в конкретной дорожной обстановке в удобном водителю режиме необходимо, чтобы расчетный поперечник проезжей части был бы свободен от автомобилей главной дороги по крайней мере на время Θ_i секунд. В настоящее время считается [1, 2], если сам водитель застал поперечник свободным на указанное время, то маневр выполняется сходу и безопасным образом.

Однако это не так, потому что не учитываются следующие два обстоятельства, отмеченные нами.

Во-первых, в момент необходимости въезда на дорогу можно действительно застать ее свободной потому, что наступил длинный $\Theta > \Theta_i$ интервал в автомобильном

потоке, но это еще не гарантирует безопасность маневра, т.к. например, застали конечную часть длинного интервала, т.е. когда выполнению маневра угрожает близость автомобиля, замыкающего этот интервал.

Во-вторых, не учитывается и то обстоятельство, что в тех интервалах автомобильного потока, на которые попадает момент заявки на выполнение маневра, отрезки времени имеют иную точность $f^t(\Theta)$ вероятностей, чем в остальных интервалах [3, 4]. Отметим, что здесь и далее любой символ со звездочкой означает рассмотрение ситуаций, связанных только с такими интервалами, на которые попал момент необходимости в маневре.

С учетом вышеизложенного можно утверждать, что самая благоприятная ситуация для выполнения маневра в удобном водителю режиме и гарантировании безопасности возникает при совпадении следующих случайных событий. Заявка на маневр поступает на начало длинного интервала (условная вероятность чего равна π_0^t). Это совпадение наступает только при условии, что длинный интервал принадлежит к числу тех, на которые попадает заявка на маневр (условная вероятность чего равна P_g^t). В свою очередь, это событие имеет место при условии, что случайный интервал из всей совокупности интервалов в потоке есть длинный, т.е. $\Theta > \Theta_0$ (безусловная вероятность чего равна P_δ). Но для оценки интересующей нас ситуации выполнения маневра надо рассматривать другую совокупность, состоящую только из тех интервалов, на которые приходится момент возникновения необходимости въезда на дорогу (или съезда с нее).

Критерием ситуации, которую застает водитель в дорожном движении, является ее вероятность. Итак, в конечном счете, условная вероятность того, что для выполнения маневра одиночного лесовозного автопоезда имеются самые благоприятные условия, равна

$$P_0(U) = P(\Theta_{\delta n}^t) / (P(\Theta_k^t) + P(\Theta_\delta^t)). \quad (1)$$

Иными словами, это вероятность наличия на дороге ситуации, при которой автомобиль въезжает на дорогу немедленно, без какой-либо задержки, удобным и безопасным образом потому, что он попадает на начальную часть длинного интервала в потоке.

Здесь

$$P(\Theta_{\delta n}^t) = \pi_0^t P_\delta^t P_\delta = \pi_0^t (1 - \int_0^{\Theta_0} f^t(\Theta) d\Theta) (1 - \int_0^{\Theta_0} f(\Theta) d\Theta). \quad (2)$$

Вероятность того, что лесовозный автопоезд застает на въезде на дорогу (или на съезде с нее) короткий ($\Theta < \Theta_0$) интервал в потоке, равна

$$P(\Theta_k^t) = \int_0^{\Theta_0} f^t(\Theta) d\Theta \cdot \int_0^{\Theta_0} f(\Theta) d\Theta, \quad (3)$$

$$P(\Theta_\delta^t) = P(\Theta_{\delta n}^t) + P(\Theta_{\delta k}^t), \quad (4)$$

$$P(\Theta_{\delta k}^t) \cdot (1 - \pi_0^t) (1 - \int_0^{\Theta_0} f^t(\Theta) d\Theta) (1 - \int_0^{\Theta_0} f(\Theta) d\Theta), \quad (5)$$

где

$$f^t(\Theta) = \Theta/m \cdot f^t(\Theta), \quad (6)$$

$$m = 3600/n, \quad (7)$$

где m – средний интервал в пересекаемом потоке с часовой интенсивностью n – автомобилей

$$\pi_0^t = 1 - \Theta_0/\Theta_\delta; \text{ при } \Theta^t \geq \Theta_0. \quad (8)$$

Математическое ожидание данного интервала равно

$$\Theta_\delta^t = \frac{\int \Theta^2 \cdot f(\Theta) d\Theta}{\int \Theta f(\Theta) d\Theta}. \quad (9)$$

Формулы пригодны для любого закона распределения интервалов в автомобильном потоке. Для приближенной оценки самых благоприятных условий в дорожном движении для въезда на дорогу в зоне примыкания лесовозной автомобильной дороги можно использовать $f_0(\Theta)$ экспоненциальную функцию плотности вероятностей. Тогда приведенные выражения приобретают следующий простой вид

$$P(\Theta_{\delta n}^t) = \pi_0^t \cdot e^{-2\lambda\Theta_0} (\lambda\Theta_0 + 1); \quad (10)$$

$$P(\Theta_k^t) = [1 - e^{-\lambda\Theta_0} (\lambda\Theta_0 + 1)] (1 - e^{-\lambda\Theta_0}); \quad (11)$$

$$P(\Theta_\delta^t) = e^{-2\lambda\Theta_0} (\lambda\Theta_0 - 1); \quad (12)$$

$$\Theta_\delta^t = 2/\lambda + \lambda\Theta_0/(\lambda\Theta_0 + 1)\Theta_0 = 2m + \Theta_0^2/(m + \Theta_0); \quad (13)$$

$$\lambda = n/3600; \text{ авт/с.} \quad (14)$$

Если автомобиль, въезжая с лесовозной автомобильной на дорогу общего пользования, должен пересекать два автомобильных потока (например, выполняя маневр левого поворота), то вероятность того, что он застанет на дороге наиболее благоприятные для въезда условия, определяется по формуле

$$P_0(H) = P_0(H)_1 P_0(H)_2. \quad (15)$$

Индексы 1, 2 относятся соответственно к ближнему и дальнему пересекаемым потокам с интенсивностью движения в них n_1 и

n_2 . Значения первой и второй вероятностей в правой части равенства вычисляются по формуле 2.3. При этом для обоих потоков принимается значение интервала $\Theta_0 = \Theta_{02}$. Оно находится в общем случае для любого маневра, выполняемого сходу, по формуле

$$\Theta_0 = kV/V + \Delta + \tau, \quad (16)$$

где V – необходимая для выполнения маневра длина пути плюс длина автомобиля, м;

V – скорость движения автомобиля при выполнении маневра сходу, м/с;

Δ – запас времени для приближающегося автомобиля, угрожающего созданием аварийной ситуации, м;

τ – продолжительность оценки дорожной обстановки, с;

K – коэффициент, зависящий от схемы организации движения на дороге.

Очевидно, что с увеличением интенсивности движения на дороге, необеспеченной видимости на въезде на нее или при неблагоприятной планировке места подъезда к дороге вероятность удобного и безопасного маневра уменьшается, т.е. возрастает вероятность задержки лесовозного автопоезда. Эта вероятность вычисляется по формуле

$$P(U) = 1 - P_0(U). \quad (17)$$

Ясно, что если $P_0(U)$ близко к нулю, то в рассматриваемом месте в зоне пункта обслуживания необходимо улучшение условий движения, нужно изменить проектное решение по расположению этого пункта относительно дороги или изменить подходы к нему так, чтобы указанная вероятность повысилась. При этом лучшим решением будет такое, которое имеет большое значение вероятности.

Пусть, например, въезд с лесовозной автомобильной дороги на дорогу общего пользования имеет переходно-скоростную полосу для разгона и удобный подход к ней при совершении маневра правого поворота. При этом автомобилю необходимо войти в поток на дороге с интенсивностью 600 автомобилей за час. Пусть для выполнения маневра сходу и безопасным образом водителю требуется интервал в потоке не менее $\Theta_0 = 3$ с. Оценить, насколько дорожные условия у рассматриваемого примыкания благоприятны для удобного и безопасного движения. По вышеприведенным формулам имеем, что

$$\lambda = 600/3600 = 1/6 \text{ и } \lambda\Theta_0 = 0,5.$$

Тогда

$$\Theta'_0 = 2,6 + 0,5/(0,5 + 1)3 = 13 \text{ с};$$

$$\pi'_0 = 1 - 3/13 = 0,769;$$

$$P(\Theta'_k) = (1 - e^{-0,5} 1,5)(1 - e^{-0,5}) = 0,036;$$

$$P(\Theta'_{ок}) = (1 - 769) e^{-1} 1,5 = 0,127;$$

$$P(\Theta'_{он}) = 0,769 e^{-1} 1,5 = 0,424;$$

$$P(\Theta'_0) = 0,127 + 0,424 = 0,551.$$

В результате получим

$$P_0(U) = 0,424/(0,036 + 0,551) = 0,72;$$

$$P(U) = 1 - 0,72 = 0,28,$$

т.е. в 72 случаях из 100 маневр совершается сходу. Можно считать, что условия для въезда на дорогу весьма благоприятные и улучшения их не требуется.

Можно сделать следующие выводы:

1. По данным наблюдений за автомобильным движением установлено, что модальное значение интервала в потоке зависит от интенсивности движения. С увеличением интенсивности движения в потоке этот интервал τ_0 уменьшается, то же имеем для σ_{τ_0} .

2. Следовательно, эти параметры не есть постоянные величины. Каждой интенсивности движения на полосе должны соответствовать свои значения τ_0 и σ_{τ_0} (минимально необходимые по удобству и безопасности движения).

3. С другой стороны, интервал $\tau_0 = l$; где l – расстояние до лидера-автомобиля. Используя результаты наблюдения за расстоянием при исследовании в зависимости от скорости, мы установили, что τ_0 зависит от скорости. Тем самым снова подтверждается закономерность зависимости скорости от интенсивности движения.

4. Можно сделать важное обобщение в области закона распределения интервалов в потоке, а именно, модальное значение (τ_0) интервала и параметра σ_{τ_0} зависят от состава автомобильного потока, от интенсивности движения и от характеристик рассматриваемого участка дороги. Указанные факторы влияют на скорость движения автомобилей в потоке.

5. Отсюда следует, что каждой дорожной обстановке соответствует свой закон распределения интервалов в потоке (со своими параметрами τ_0 и σ_{τ_0}). В качестве примера получены расчетные значения этих парамет-

ров для разных интенсивностей движения по прямым горизонтальным участкам. Можно получить аналогичные результаты для различных уклонов (спусков и подъемов). Следовательно, количественную оценку удобства и безопасности движения можно производить применительно к той или иной дорожной обстановке, которая сопутствует конкретному примыканию лесовозной автомобильной к дороге общего пользования.

Библиографический список

1. Курьянов, В.К. Организация дорожного движения в лесной отрасли. Монография / В.К. Курьянов,

- А.В. Скрыпников, Ю.И. Трофимов и др. – Воронеж: ВГЛТА, 2008 – 176 с.
2. Курьянов, В.К. Оценка безопасности дорожного движения методами наземной стереофотограмметрии / В.К. Курьянов, А.В. Скрыпников и др. – Воронеж: ВГЛТА, 2007. – 72 с.
3. Скрыпников, А.В. Разработка теоретических основ и методов управления лесовозным автотранспортом / А.В. Скрыпников // Бюллетень транспортной информации. – 2009. – № 9(171).
4. Скрыпников, А.В. Обоснование необходимости уширения проезжей части и устройства более совершенного типа покрытия / А.В. Скрыпников, О.В. Свиридов, А.Ю. Чувенков // Матер. междунар. научно-практической конф. 17–19 сентября 2009 г. – Воронеж, 2009. – 439 с.

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СОЗДАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ И РЕМОНТНЫХ ДОКУМЕНТОВ

В.И. ИГНАТОВ, доц. каф. технологии машиностроения и ремонта МГУЛ, канд. техн. наук

igvatoww@inbokx.ru

В последние годы интенсифицировался процесс глобализации экономики, конкуренция также становится глобальной. Это заставляет страны, особенно развивающиеся, интенсивно «подтягивать» свои возможности к международным стандартам, а развитые – еще больше интенсифицировать свои инновации и уходить вперед, становясь опять недостижимыми для конкурентов.

Началась «гонка» интеллектов и технологий. Усложняется техника, растут цены и стоимость единицы рабочего времени. Техническое обслуживание и ремонт сложной техники требует в настоящее время не меньших экономических и трудовых затрат, чем производство машин.

В СССР существовала тотальная система жизнеобеспечения техники, которую не могли себе позволить в то время даже наиболее развитые страны. В СССР государство «отвечало» за все – за процессы проектирования, производства и эксплуатации. Эти процессы рассматривались как единый комплекс различных работ и осуществлялись планомерно специализированными учреждениями.

Однако для управления такой «махиной» не было информационной базы, позволяющей обеспечить принцип эффективной управляемости «всем, всеми и во всем». Не-

возможность создания единой эффективной национальной системы управления в большинстве отраслей, в том числе и в машиностроении (при наличии «железного занавеса» на все иностранное) привело промышленность к деградации. Такую же участь постигло и образование, которое государство подстраивало под существующую систему производства.

В принципе тотальная система является достаточно прогрессивной моделью управления, но она была обречена в силу невозможности получения и обработки огромного количества информации и оперативной обратной связи с различными производителями.

Тем не менее, американцы и японцы не обошли вниманием разработки СССР в области создания единой (тотальной) системы управления производством. Но они пошли другим путем. Государство перенесло эту систему управления производством на уровень предприятия. Оно предоставило предприятию полную свободу предпринимательства, сняв с себя почти все функции финансовой поддержки, контроля качества продукции (кроме вопросов ее безопасности) и т.п., обязав производителя самостоятельно решать задачи управления и финансирования на всех этапах жизненного цикла и отвечать за все этапы жизненного цикла изделия.

Постепенно американские специалисты, усовершенствовав систему фирменного производства (которая использовалась у них в конце XIX – начале XX века), сформировали совершенно новый подход, объединивший весь жизненный цикл в единую систему. Эта система получила название CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла).

Вслед за США, CALS приняли все наиболее развитые страны: Великобритания, Германия, Швеция, Норвегия, Канада, Япония, Австралия и др. Специальная организация по CALS создана в НАТО.

Современные международные стандарты, которые отражают достаточно жесткие требования потребителей развитых стран, **заставляют** производителей отвечать за свою продукцию на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) – от ее проектирования до утилизации.

Выполнение этих требований возможно лишь при условии, если производитель сложных машин владеет современными технологиями проектирования, производства и эксплуатации, т.е. имеет специалистов, которые обладают достаточно высоким интеллектуальным потенциалом, на уровне мировых стандартов.

«Локомотивами» такого интеллектуального потенциала являются инженеры-механики, которые за время учебы должны «впитать» огромное количество информации и обладать практическими навыками в трех основных направлениях:

- проектировании техники;
- ее эксплуатации;
- при проведении технического обслуживания и ремонта.

Именно по этим трем основным направлениям студенты во время учебы выполняют курсовые и дипломные проекты и по результатам их защиты получают звание инженера-механика.

Какое бы из этих направлений работ ни выбрал молодой специалист, уровень его интеллектуального потенциала определяется умением использовать полученные знания о конструкциях, методах эксплуатации, обслуживания и ремонта машин в целом и

отдельных ее элементов. Такие знания он начинает накапливать с первых дней обучения и до защиты дипломного проекта. Это техническое черчение, детали машин и др. дисциплины.

Красной нитью в образовании должен проходить процесс накопления знаний и приобретения практического опыта в создании конструкторской документации. Это именно тот сегмент знаний, которые студент должен знать достаточно хорошо и умело применять эти знания для решения практических вопросов.

Всем известно, что существует **Единая система конструкторской документации (ЕСКД)**. ЕСКД – это комплекс государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила, требования и нормы по разработке, оформлению и обращению конструкторской документации. Эта документация разрабатывается производителем машин и применяется на всех стадиях ЖЦ изделия (при проектировании, изготовлении, контроле, приемке, эксплуатации, ремонте, утилизации).

Общие положения ЕСКД приведены в **ГОСТ 2.001-93. Общие положения**. ЕСКД состоит из 10 разделов, которые включает 155 различных стандартов. Большинство из них должен знать любой инженер-механик.

В погоне за развитыми странами Россия буквально недавно приняла целый ряд новых стандартов, том числе в системе ЕСКД, позволяющих обеспечить единое информационное пространство как для внутренних (российских) производителей, так и для выхода на международный рынок.

В России несколько лет назад также начаты работы, аналогичные CALS. Это достаточно новое для России направление носит название «**Информационная Поддержка процессов жизненного цикла Изделий**» (ИПИ-технологии)

В общем случае ИПИ-технологии представляют собой набор методов и технологий создания и использования интегрированной **информационной среды (ИИС)** или **единого информационного пространства (ЕИП)**. Базовыми комплексами ИПИ-технологии являются технологии:

- анализа и реинжиниринга бизнес-процессов;
- представления данных об изделии;
- интеграции данных об изделии в рамках ИИС.

Для нас в данном случае наибольший интерес представляет технология представления данных об изделии, хотя и о технологиях интеграции данных об изделии в рамках ИИС студенту также необходимо знать хотя бы в общих чертах.

Технология представления данных представляют собой набор методов и средств для представления данных об изделии, относящихся к различным процессам ЖЦ этого изделия, в электронном виде. Эти технологии обеспечивают возможность для автоматизации большинства процессов ЖЦ. Технологии представления данных включают также технологии перевода данных с бумажных носителей в электронный вид в соответствии с **ГОСТ 2.051-2006 ЕСКД. Электронные документы, ГОСТ 2.052-2006 ЕСКД. Электронная модель изделия** и др.

Технологию представления данных обычно рассматривают как триединую задачу, решаемую на трех уровнях:

- 1-й уровень – проектирование изделия;
- 2-й уровень – производство изделия;
- 3-й уровень – поставка и эксплуатация изделия.

Преимущество этих технологий состоит в том, что однажды созданная при проектировании электронная модель используется и на всех этапах ЖЦ.

Научить студента создавать электронную модель изделия – это только первый и очень важный этап. Как показывает практика, большинство студентов имеют лишь приблизительное представление о методах и средствах разработки этих электронных документов.

Если первый уровень технологии представления данных об изделии студенты еще как-то, хотя и с трудом, осваивают, то **второй и третий** уровни практически находятся вне поля зрения наших преподавателей.

Вопросы **производства изделия** с использованием ИПИ-технологий практически

не знакомы студентам. Такие вопросы, как изготовление деталей машин с использованием ИПИ-технологий на базе электронной модели, практически не предусмотрены базовыми учебными программами: технология металлов, детали машин, технология машиностроения и др. Где и кому такие дисциплины (и как они будут называться) читать – решать не рядовым преподавателям. Но это назревшая потребность, которую необходимо реализовать в ближайшее время.

Практически также обстоит дело и с **третьим** уровнем – **поставка и эксплуатация изделия**. Этот уровень включает три направления:

- логистическая поддержка;
- электронная коммерция;
- интерактивные электронные технические руководства (ИЭТР).

Рассмотрим эти направления по отдельности.

Логистическая поддержка

В последние годы сложилась парадигма, которая основана на том, что стоимость владения изделием с точки зрения владельца не должна выходить за пределы **разумного** и ее оптимальность должна быть **доказана производителем**.

Для этого производитель должен выполнить комплекс работ, направленный на правильную организацию производства и поддержки эксплуатации продукции. Поддержка эксплуатации продукции будет наиболее успешной при выполнении следующих трех условий:

1. Продукция должна **разрабатываться** с учетом удобства ее эксплуатации и утилизации.
2. Должна **создаваться соответствующая инфраструктура** для эксплуатации и утилизации продукции.
3. Должны четко **регламентироваться все аспекты взаимоотношений** с поставщиками продукции и предметов ее материально-технического обеспечения (МТО).

С точки зрения современной экономической науки система мероприятий по поддержке эксплуатации продукции рассматривается как интегрированная логистическая система.

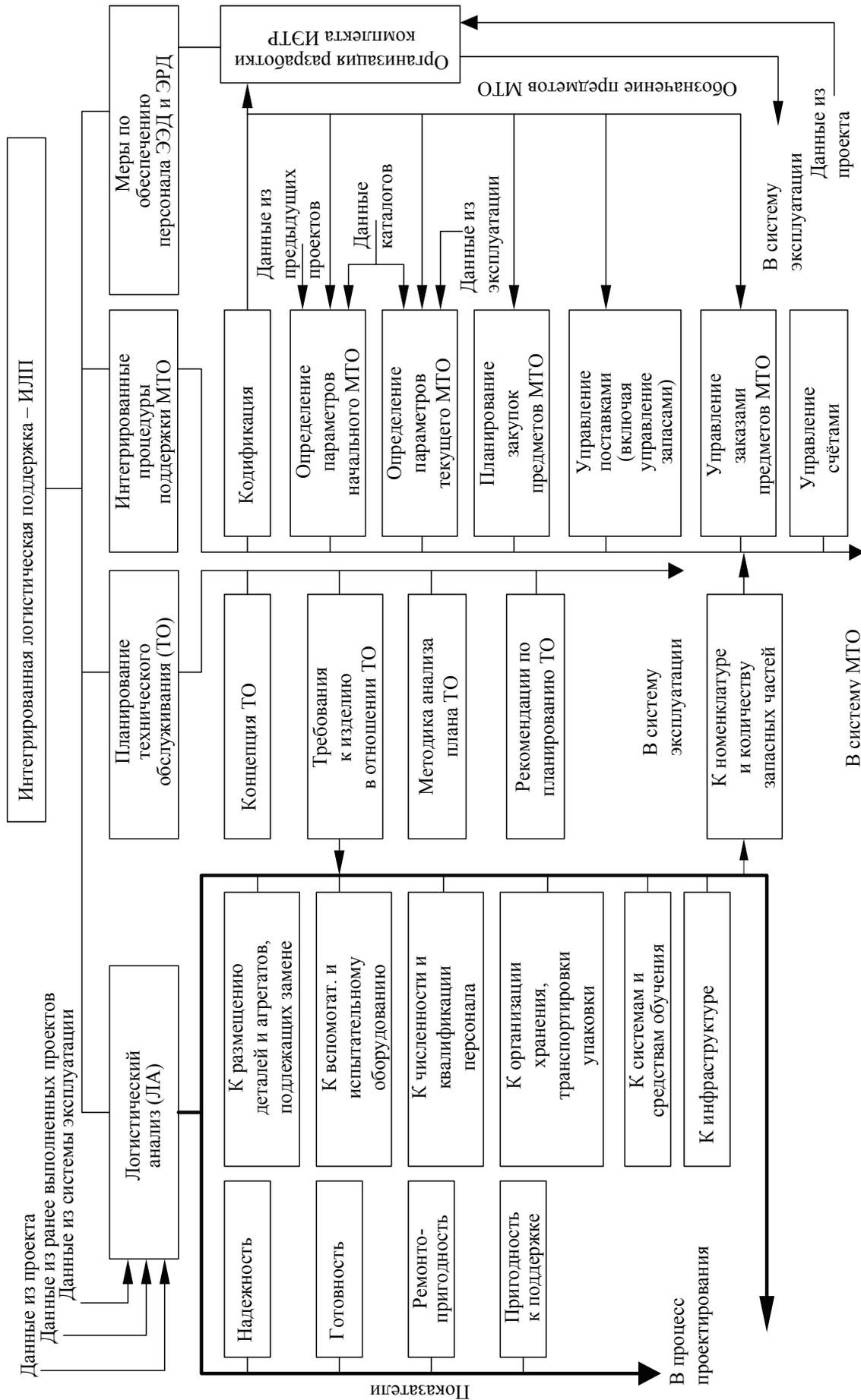


Рис. 1. Общая схема интегрированной логистической поддержки изделия



Рис. 2. Алгоритм создания ИЭТР

Структура ИЛП показана на рис.1 (источник: Def Stan 00-60 Integrated Logistic Support – стандарт Министерства обороны Великобритании, принятый в качестве основного по вопросам Интегрированной логистической поддержки в блоке НАТО). Именно к этой системе должно быть привязаны учебные дисциплины на базовых кафедрах. Это логистический анализ, планирование технического обслуживания, интегрированные процедуры МТО, технология разработки интегрированных электронных технических руководств (ИЭТР). Поскольку ИЭТР входят в состав ЕСКД и представляют собой комплект эксплуатационных и ремонтных документов, то современным технологиям их создания должно быть уделено особое внимание.

Интерактивное электронное техническое руководство – это техническое руководство, которое представляется потребителю в электронной форме на мобильном носителе, например, CD, либо при помощи Интернет. ИЭТР представляет собой структурированный комплекс взаимосвязанных технических данных, предназначенный для предоставления в интерактивном режиме справочной и

описательной информации об эксплуатационных и ремонтных процедурах, связанных с конкретным изделием.

ИЭТР – это огромное открытие, которое позволяет представить необходимую информацию об изделии в виде текста или графических изображений, 3-D моделей, анимации, аудио- и видеороликов.

Это позволяет наглядно показать выполнение тех или иных операций, в том числе связанных с обслуживанием и ремонтом изделия.

Алгоритм создания ИЭТР в ЖЦ изделия представлен на рис. 2.

В настоящее время ИЭТР классифицируют исходя из функциональности и стоимости их реализации. Общепринято разделение ИЭТР на 5 классов.

Бумажно ориентированные электронные документы (класс 1) предполагают перевод бумажных руководств в электронный вид простым сканированием изображений страниц руководств и снабжением их кратким оглавлением.

Линейно структурированные документы (класс 2) отличаются от бумажно ори-

ентированных тем, что в процессе их создания текстовые материалы распознаются.

Иерархически структурированные документы (класс 3). Технические данные в документах этого класса организованы как объекты внутри хранилища информации, имеющего иерархическую структуру.

В технических руководствах 3 класса отпадает необходимость многократного повторения идентичной информации: данные создаются только один раз, а затем в документе проставляется только ссылка на них, что значительно уменьшает объем документации. К достоинствам ИЭТР этого класса можно также отнести высокую интерактивность и возможность отбора данных по функциональным признакам при запросах.

Интерактивные ИЭТР 4-го класса для хранения информации применяется промышленная система управления базами данных, что позволяет эффективно управлять большими объемами данных и, соответственно, создавать и использовать ИЭТР на сложные промышленные изделия (например, самолеты, сложные машины и т.п.). Кроме того, исключение дублирования многократно используемых данных приводит к значительному уменьшению объема документации и вероятности ошибки при повторном вводе идентичной информации.

Интегрированные ИЭТР (Класс 5). ИЭТР этого класса сочетают функциональность ТР классов 2–4 с возможностью прямого интерфейсного взаимодействия с электронными модулями диагностики изделий, что позволяет оператору выполнять задачи более быстро и эффективно. ИЭТР 5 класса позволяют наиболее быстро проводить операции по поиску неисправностей в изделии,

локализации сбоев, подбору запасных частей, а также производить анализ состояния изделия в конкретной ситуации.

ИЭТР данного класса также могут автоматически получать информацию об изделии от аппаратуры диагностики, анализировать ее и добавлять результаты измерений и анализа в свою базу данных для последующего использования.

Имеются программные продукты, позволяющие в автоматизированном режиме разрабатывать ИЭТР 3–5 классов.

Однако в настоящее время наши студенты лишены возможности обучения таким технологиям, что существенно снижает уровень подготовки инженеров-механиков.

Резюме

1. Учитывая, что основными задачами, которые решают в процессе своей работы инженеры-механики, являются проектирование, эксплуатация и ремонт, необходимо расширить объемы учебных программ в этих направлениях, изменить технологии их преподавания в соответствии с мировыми тенденциями, пересмотреть состав и содержание дисциплин специальности 1704;

В основу базового направления разработки новых учебных программ и формирования перечня дисциплин может быть принят международный стандарт Def Stan 00-60 Integrated Logistic Support.

2. Для обеспечения современного уровня подготовки студентов по специальности инженер-механик необходимо провести подготовку преподавателей, способных грамотно передавать студентам теоретическую информацию и решать практические задачи с использованием ИПИ-технологий.

ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ РАЗЛИЧНОГО ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ВОЗРАСТА

Р.М. АСЕЕВА, *проф. каф. пожарной безопасности в строительстве Академии ГПС МЧС России, д-р хим. наук,*

Б.Б. СЕРКОВ, *проф., начальник учебно-научного комплекса проблем пожарной безопасности в строительстве Академии ГПС МЧС России, д-р техн. наук,*

А.Б. СИВЕНКОВ, *доц., заместитель начальника учебно-научного комплекса проблем пожарной безопасности в строительстве Академии ГПС МЧС России, канд. техн. наук,*

Р.В. ДЕГТЯРЕВ, *адъюнкт Академии ГПС МЧС России,*

Е.Ю. КРУГЛОВ, *адъюнкт Академии ГПС МЧС России,*

Н.И. ТАРАСОВ, *адъюнкт Академии ГПС МЧС России*

serkov@antip.ru; sivenkov01@mail.ru

Древесина является одним из древнейших строительных, декоративно-отделочных и облицовочных материалов. В наше время древесина находит широкое применение при строительстве жилых, сельскохозяйственных, складских, производственных и животноводческих зданий, промышленных и общественных зданий. В России и Европе интенсивно развивается малоэтажное деревянное строительство, а также строительство зданий и сооружений с применением индустриальных клееных деревянных конструкций.

Срок службы конструкций из древесины при правильной их эксплуатации и своевременных текущих ремонтах может составлять 100 и более лет. Уникальными примерами длительной эксплуатации деревянных конструкций служат Преображенский храм на острове Кижи (1714 г.), Церковь Воскресения в г. Суздаль (1776 г.), Вознесенская кубоватая церковь в с. Кушерека, Онежского района (1669 г.), церковь Спаса в с. Фоминское, г. Кострома (XVIII в.) и многие другие.

Результаты многочисленных исследований древесины свидетельствуют о влиянии различных физико-химических факторов на ее свойства. Вопросы, связанные с изучением влияния объемной массы, влажности, химического и элементного состава древесины на ее эксплуатационные характеристики являются традиционным предметом исследований в области древесиноведения. В последнее время все большую актуальность получают исследования так называемой археологической древесины. Подобные исследования приобретают большую востребованность в реше-

нии проблемы обеспечения долговечности конструкций из древесины, эффективного проведения работ по реконструкции памятников деревянного зодчества [1–3].

Исследования процесса старения древесины свидетельствуют о том, что в ней происходят существенные физико-химические изменения, оказывающие влияние на некоторые эксплуатационные характеристики. Особый интерес представляет вопрос о влиянии длительности эксплуатации деревянных конструкций на пожароопасные характеристики. В работе [4] было высказано предположение, что в определенные временные периоды эксплуатации древесина должна быть наиболее пожароопасной. Однако, к сожалению, конкретные сведения об изменении пожароопасных свойств древесины в результате ее старения отсутствуют.

Целью настоящей работы является исследование характеристик тепловыделения хвойных и лиственных пород древесины в зависимости от их эксплуатационного возраста.

В работе проведено сравнительное изучение характеристик образцов хвойных и лиственных пород древесины, подвергнутых ускоренному и длительному естественному старению.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования в работе была взята древесина хвойных (ель, сосна) и лиственных разновидностей (дуб, береза) умеренного континентального климатического пояса, состаренная в естественных или искусственных условиях до определенно-

го эксплуатационного возраста. Образцы древесины с памятников деревянного зодчества были любезно предоставлены профессором МГСУ, д.т.н., профессором Покровской Е.Н.

Ускоренное искусственное старение образцов древесины осуществляли по следующей процедуре: кондиционирование проводилось при температуре $t = 45-65$ °С в течение 7 суток до постоянной влажности. Далее осуществляли их прогрев в течение 10 часов при $t = 160$ °С и после этого образцы выдерживали в 10 %-ном водном растворе пероксида водорода в течение 12–14 часов. Определенный режим последовательного воздействия на образцы древесины тепла и сильного окислителя в водной среде может способствовать, по мнению [5], искусственному старению и увеличению эксплуатационного возраста древесины до 250 лет.

Низшая теплота сгорания древесины была оценена экспериментально с помощью ИКА-калориметра С 5000, а также расчетным путем по данным элементного состава с использованием известного уравнения Д.И. Менделеева. Элементный состав сухих образцов древесины определяли на автоматическом приборе – Карло Эрба 1106 С, Н, N, S анализаторе (Италия).

Для определения основных характеристик тепловыделения при горении древесины был использован проточный калори-

метр типа OSU марки HRR-3 фирмы Atlas, США. Образец древесины $150 \times 150 \times 10$ мм в вертикальной конфигурации подвергали действию теплового радиационного потока мощностью 20, 35 и 52 кВт/м².

Результаты исследования и обсуждение

Ранее было установлено, что в результате длительной эксплуатации строительных конструкций с применением древесины возможны существенные изменения ее физико-химических свойств. Пожарная опасность древесины различного возраста эксплуатации должна быть обусловлена, прежде всего, изменением содержания основных химических компонентов, элементного состава древесины, а также ее объемной массы.

Особый интерес представляют изменения в результате старения таких характеристик пожарной опасности древесины, как теплота полного сгорания и скорость тепловыделения.

В табл. 1 представлены данные по элементному составу, экспериментальные и расчетные значения низшей теплоты полного сгорания в зависимости от разновидности и эксплуатационного возраста древесины. Прежде всего, можно отметить, что ель и сосна имеют более высокие значения низшей теплоты сгорания, чем древесина лиственной породы.

Т а б л и ц а 1

Элементный состав и значения низшей теплоты сгорания древесины различных пород и эксплуатационного возраста

Образец древесины	C, %	H, %	O, %	N, %	$Q_{нз}$, кДж/г	$Q_{нр}$, кДж/г
Сосна	52,14	5,91	41,95	–	19,6	19,1
Береза	50,58	5,78	43,64	–	18,1	18,22
Дуб	50,40	5,77	43,43	0,090	18,7	18,2
Ель	52,22	6,04	41,74	–	18,9	19,25
Дуб, лавра, 1650 г.	47,03	7,25	45,72	–	18,0	18,3
Сосна, Дом Толстых, 1830 г.	49,38	3,88	46,74	–	15,2	15,52
Ель (искусственно состаренная), 100–150 лет	48,8	11,2	40,0	–	22,7	23,6
Сосна (искусственно состаренная), 100–150 лет	49,2	10,4	40,4	–	–	22,87
Дуб (искусственно состаренный), 50–80 лет	48,9	6,43	44,7	–	–	18,20
Береза (искусственно состаренная), 50–80 лет	48,7	6,72	44,6	–	–	18,45

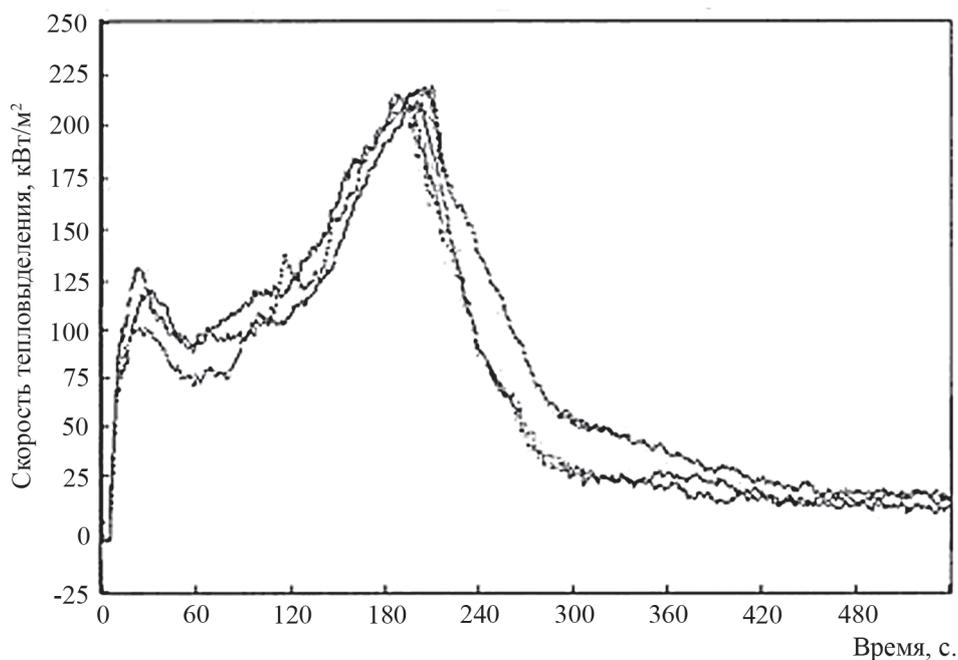


Рис. 1. Изменение скорости тепловыделения древесины ели при воздействии теплового потока 35 кВт/м^2

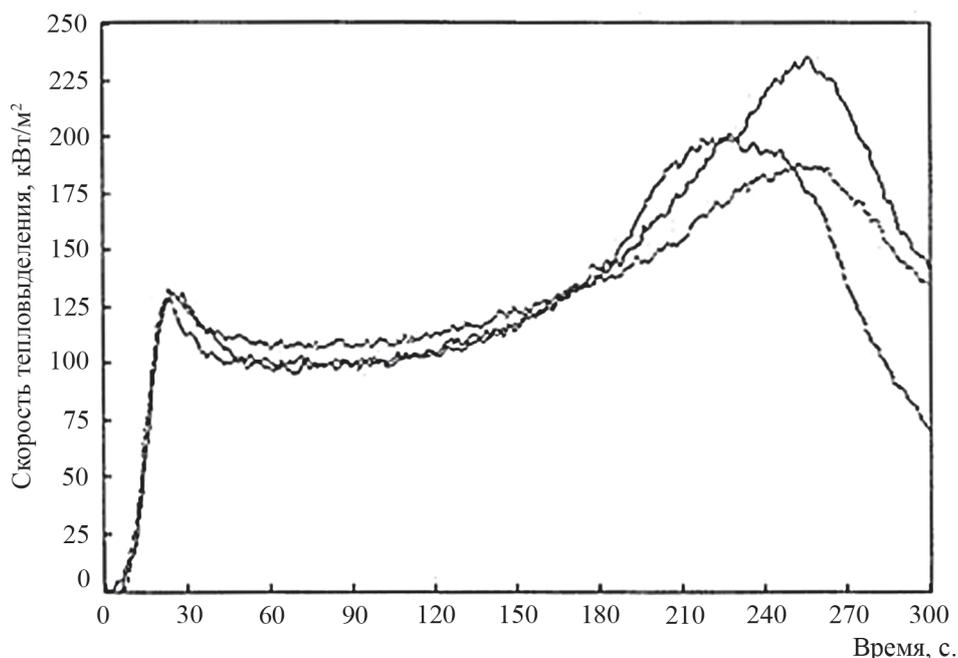


Рис. 2. Изменение скорости тепловыделения искусственно состаренной древесины ели (100–150 лет) при воздействии теплового потока 35 кВт/м^2

Из табл. 1 следует, что со временем эксплуатации у большинства образцов древесины наблюдается увеличение содержания высокоэнергетической составляющей элементного состава – водорода, что отражается на значениях низшей теплоты сгорания. При этом содержание углерода и кислорода заметно снижается.

Исключением является древесина сосны, датированная 1830 г., у которой снижает-

ся водород до 3,88 %. Это может объясняться либо периодичностью изменения элементного состава древесины, либо определенными условиями эксплуатации, например, повышенной влажности и подверженности процессам гниения.

В большинстве случаев наблюдается общая тенденция увеличения содержания водорода, что сказывается на теплоте полного сгорания древесины.

Влияние плотности внешнего теплового потока на характеристики тепловыделения образцов древесины

Образец	ρ , Кг/м ³	W , %	q_e , кВт/м ²	τ_B , с	$\tau_{1\text{макс}}$, с	СТВ _{1макс} , кВт/м ²	$\tau_{2\text{макс}}$, с	СТВ _{2макс} , кВт/м ²	ОТВ _{2мин} , кВт*мин/м ²
Ель	422	6,4	20	10	40	94,8	279	202,1	142,5
			35	<10	23	131,2	195	223,2	218,2
			52	<10	<20	141,8	159	256,1	270,2
Сосна	448	6,0	20	10	43	98,2	354	159,3	128,8
			35	<10	20	129,0	276	203,5	180,6
			52	<10	<20	137	247	247,3	202,0
Береза	567	5,5	20	23,3	63	104,9	284	321,9	149,3
			35	10	53	157,7	215	400,5	279,9
			52	<10	33	190,8	184	459,6	377,2
Дуб	638	4,3	20	20	67	100,9	362	227,7	127,1
			35	10	33	131,3	281	245,1	198,0
			52	<10	27	161,6	246	312,0	261,6
Ель (100-150 лет)	430	7,2	35	15	20	135	245	207,9	190,7
Береза (50-80 лет)	693	6,2	35	20	–	–	261	375	240
Сосна (100-150 лет)	462	6,4	35	17	25	130	268	214	179,9
Дуб (50-80 лет)	626	5,1	35	20	40	125	297	260,6	191,8

Между молекулярным строением и элементным составом древесины существует определенная взаимосвязь. Увеличение содержания водорода может быть обусловлено увеличением содержания ароматической составляющей древесины – лигнина, особенно заметным в случае старения древесины хвойной породы. Изменение низшей теплоты полного сгорания древесины с увеличением ее эксплуатационного возраста отражается на важнейшей характеристике пожарной опасности материалов – скорости тепловыделения. На рис. 1 и 2 представлены результаты огневых испытаний древесины ели и искусственно состаренных образцов ели (100–150 лет) с влажностью 6,4–7,2 %, при воздействии внешнего радиационного теплового потока 35 кВт/м². На каждом рисунке показаны кривые 3-х повторных опытов. Видно, что скорость тепловыделения имеет ярко выраженные две стадии при горении древесины.

На первой стадии происходит воспламенение горючих продуктов разложения материала. После начала интенсивного обугливания древесины (соответствует максимальному значению скорости тепловыделения первого пика) скорость тепловыделения начинает снижаться. Появление второго пика на кривой скорости тепловыделения при горении древесины вызвано выгоранием образу-

ющегося на поверхности образца древесины углистого слоя. При этом следует отметить, что на интенсивности этого пика может сказываться толщина используемого образца древесины. Наибольшая скорость тепловыделения наблюдается на второй стадии.

В табл. 2 приведены показатели тепловыделения (усредненные по 3 параллельным опытам) при горении древесины разных видов в зависимости от плотности внешнего теплового потока, q_e .

В этой таблице приведены значения времени начала воспламенения (τ_B), время достижения максимума первого и второго пика, максимальные скорости тепловыделения на первой и второй стадии и общее тепловыделение за 2 минуты процесса горения (СТВ_{2мин}).

Увеличение плотности внешнего теплового потока вызывает ускорение процесса воспламенения древесины, увеличение скорости тепловыделения и общего тепловыделения при горении в течение 2 минут.

Обращает на себя внимание, что время задержки воспламенения древесины березы и дуба заметно выше, чем у образцов ели и сосны. Это вполне согласуется с тепловой теорией воспламенения материалов, согласно которой существует прямая зависимость времени воспламенения от коэффициентов тепловой активности, $k_{рс}$, или, соответственно,

кажущейся плотности, ρ , материала. С увеличением кажущейся плотности, ρ , затраты времени на нагрев материала до температуры начала пиролиза (температура воспламенения, T_b) возрастают

$$\tau_b = \pi/4 \text{ крс } (T_b - T_0)^2/q_e^2.$$

После начала пиролиза и воспламенения горючих продуктов разложения скорость тепловыделения при горении древесины начинает расти до максимального значения ($СТВ_{1\text{макс}}$), которое соответствует началу интенсивной карбонизации поверхностного слоя. Время достижения первого пика на кривых скорости тепловыделения при одинаковом внешнем тепловом потоке меньше в случае образцов древесины хвойной породы. По-видимому, они быстрее разлагаются и обугливаются из-за повышенного содержания лигнина. Толщина обугленного слоя на поверхности образцов сосны и ели в равных условиях теплового воздействия больше, чем в случае дуба и березы.

Второй пик на кривых зависимости $СТВ = f(q_e)$ отражает окисление и выгорание образовавшегося на поверхности древесины практически полностью обуглероженного слоя. Структура последнего, его пористость влияют на скорость реакции взаимодействия с кислородом воздуха.

После интенсивного старения древесины в результате удаления низкомолекулярных легкогидролизуемых гемицеллюлоз и экстрактивных веществ, а также некоторого увеличения кажущейся плотности образцов, наблюдается возрастание значений τ_b и уменьшение периода ($\tau_{1\text{макс}} - \tau_b$). Особенно это показательно в случае образцов древесины ели и сосны.

При тепловом потоке $q_e=35$ кВт/м² значения $СТВ_{1\text{макс}}$ для древесины хвойной породы после искусственного старения остаются примерно на прежнем уровне, а в случае образцов дуба происходит снижение $СТВ_{1\text{макс}}$ с 131,3 до 125 кВт/м². Следует отметить, что время достижения максимума второго пика $СТВ$, $\tau_{2\text{макс}}$ для образцов современной древесины ели и состаренной составляет 195 и 245 с. Общее тепловыделение за 2 минуты опыта составило 218, 2 и 190,7 кВт мин/м² соответственно. Тенденция к уменьшению $ОТВ_{2\text{мин}}$ наблюдается у состаренных образ-

цов древесины лиственной породы. Общее тепловыделение за все время испытаний для древесины искусственно и естественно состаренной, по всей видимости, будет выше, чем для древесины современной.

Заключение

Временной процесс старения древесины значительно сказывается на изменении ее элементного состава, в частности на содержании водорода и углерода. Установлено, что в результате продолжительной эксплуатации древесины значения полной теплоты сгорания увеличиваются, а максимальная скорость тепловыделения и общее тепловыделение за две минуты огневого испытания уменьшаются. При этом время воспламенения древесины и время достижения скорости тепловыделения своего максимального значения увеличивается, что является следствием возрастания общего тепловыделения за время всего огневого испытания. Этот факт связан с непосредственным временным изменением содержания основных химических и элементных составляющих, а также структуры древесины.

Библиографический список

1. Покровская, Е.Н. Химико-физические основы увеличения долговечности древесины. Сохранение памятников деревянного зодчества с помощью элементоорганических соединений: монография / Е.Н. Покровская. – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 104 с.
2. Тычино, Н.А. Особенности строения и огнебиозащиты археологической древесины / Н.А. Тычино, И.Г. Федосенко, А.В. Баранов // Пожаровзрывобезопасность. – 2007. – № 1. – С. 19–25.
3. Пищик, И.И. Неразрушающая оценка внутренних напряжений в деревянных конструкциях нетрадиционными методами / И.И. Пищик // Строение, свойства и качество древесины. Материалы 3-го международного симпозиума. – Петрозаводск, 2000.
4. Покровская, Е.Н. Прогнозирование долговечности древесины методом термического анализа / Е.Н. Покровская // Пожаровзрывобезопасность. – 2001. – № 6. – С. 31–32.
5. И.И. Пищик, А.А. Кудря, Б.А. Янковский, А.И. Равсев, С.Я. Шинаев, Г.Д. Коликов, А.П. Колупаев, А.М. Горлов, Ю.М. Яковлев, Б.М. Ремизов. «Способ ускоренного старения древесины». Авторское свидетельство № 719870. Заявлено 18.04.78. Опубликовано 05.03.80 бюллетень № 9. Дата опубликования 08.03.80. Заявитель: Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт музыкальной промышленности.

ПРОБЛЕМА ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНО-РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ (НА ПРИМЕРЕ г. МОСКВЫ)

А.Н. САМОЛДИН, *проф. каф. стратегического маркетинга МГУЛ, канд. техн. наук,*
В.В. БАГАТУРИЯ, *асс. каф. стратегического маркетинга МГУЛ*

samoldin@mgul.ac.ru; bagaturiya@mail.ru

Одним из возможных путей получения дополнительного количества древесного сырья без ввода новых производственных мощностей по вывозке леса является переработка древесных отходов, получающихся в процессе заготовки древесины, переработки в лесозаготовительных предприятиях и в городском лесопарковом хозяйстве. Переработка низкокачественного сырья и отходов лесозаготовок создает благоприятные условия для осуществления важнейшей задачи – комплексного и полного использования заготавливаемой древесины [1]. Таким образом, основным направлением лесной промышленности является совершенствование технологических процессов, позволяющих вести заготовку и переработку древесины без отходов. Это направление определяет развитие промышленности не только на ближайшие годы, но и на далекую перспективу. В данной связи в статье ставится вопрос о необходимости переработки древесно-растительных отходов (ДРО) в компост.

Отходы – это та часть сырья, которая отделяется в процессе обработки как не соответствующая техническим условиям на изготавливаемую заготовку, деталь или изделие.

Отходы деревообрабатывающих производств можно классифицировать [2]:

- по ассортименту исходного сырья (отходы пиломатериалов, отходы фанеры и древесно-волоконистых плит, отходы древесно-стружечных плит, порубочные остатки (пни, стволы, корни, полученные в результате вырубki деревьев и кустарников), растительные остатки (это опавшая листва, собранная в период массового листопада, скошенная трава, образующаяся в процессе ухода за газонами), порубочные и растительные остатки (образующиеся в результате проведения работ по эксплуатации зеленых насаждений, реализации градостроительных планов, ремонта инженерных коммуникаций и других видов хозяйственной деятельности) [3];

- по породам древесины (хвойная, лиственная);

- по влажности (сухие до 15 %, полусухие 16–30 %, влажные 31 % и выше, сверхвлажные 100 % и выше);

- по структуре (кусковые крупные, кусковые средние, кусковые мелкие, сыпучие);

- по стадийности обработки (первичные, вторичные).

Количество отходов деревообрабатывающих производств зависит от качества поставляемого сырья, типа и размера изготавливаемой продукции, технооруженности предприятия и его мощности. Количество отходов в деревообработке составляет 45–63 % исходного сырья (пиломатериалов, фанеры) [2]. А, например, в Москве в лесопарковом хозяйстве образуется более 100 тыс. м³ ДРО в год, из них 60 % составляют порубочные остатки и 40 % – скошенная трава и опавшая листва [4].

Ввиду этого совершенствование системы управления отходами признается сегодня главной проблемой в области охраны окружающей среды. Основные шаги по решению этой проблемы были определены на Международной конференции по устойчивому развитию в Йоханнесбурге в сентябре 2002 г. Они включают в т.ч. предотвращение и минимизацию отходов и максимальное повторное использование, вторичную переработку ресурсов; а также применение альтернативных экологически безопасных материалов, предполагающее участие правительств и всех заинтересованных сторон, с целью минимизировать неблагоприятное воздействие на окружающую среду и повысить эффективность ресурсов [5].

Следует также отметить, что высокие показатели экономического роста должны сопровождаться устойчивым использованием природных ресурсов и таким же устойчивым уровнем отходов. В конечном итоге надо стремиться к тому, чтобы потребление возоб-

новляемых и невозобновляемых ресурсов не превышало пропускной способности окружающей среды.

Трансформация ресурса наработка и производство из него продуктов, потребление и превращение в отходы может оказывать влияние на окружающую среду. В этой связи важными составляющими на любой стадии его жизненного цикла являются меры по предотвращению образования отходов либо их возвращение в экономический цикл (замыкание ресурсной петли). Однако при осуществлении любых мер по вторичному использованию отходов необходимо принимать во внимание экономическую целесообразность и тщательно анализировать рентабельность процесса. Поэтому необходимо поощрять вторичное использование отходов в производственном цикле там, где есть потенциал снижения нагрузки на окружающую среду с наибольшим экономическим эффектом [5].

Комплексное рациональное использование лесных ресурсов предусматривает переработку отходов древесины, которые образуются в процессе лесозаготовок и лесопиления.

ДРО являются ценным сырьем для производства разнообразных строительных материалов, для гидролизной, целлюлозной и других отраслей промышленности. Утилизация ДРО имеет огромное народнохозяйственное значение: ДРО могут быть использованы для изготовления компоста в целях рекультивации земель [6], в строительстве для производства конструктивных, облицовочных и теплоизоляционных материалов и так далее, что может позволить значительно сократить объемы вырубki леса и снизить образование ТБО [7].

Также следует отметить, что большое количество ДРО образуется в городе. Поэтому необходимо проводить мероприятия по сбору и переработке ДРО (например, скошенная трава, ветки от обрезки, опавшая листва, древесина от валки деревьев), образующихся в городах [3].

Вместо захоронения на ТБО либо сжигания древесно-растительные отходы можно перерабатывать и получать из них, например, мульчирующую декоративную щепу, компост,

почвогрунт, которые могут использоваться в процессе озеленения города и восстановления нарушенных земель [3] (для сравнения: в Москву поставляется около 1 млн м³ растительных грунтов и 10 млн м³ минерального грунта [8]). Таким образом, это позволит уменьшить плохое состояние растительности, земли и объем ДРО в Москве [7; 9].

Существуют следующие методы переработки ДРО [8]:

- 1) захоронение на полигонах ТБО;
- 2) сжигание с утилизацией тепла;
- 3) метановое сбраживание (переработка ТБО в анаэробных условиях);
- 4) биотермическая переработка отходов в компост в закрытых установках (в ферментаторах, биобарабанах, биобашнях) с принудительной аэрацией (компостирование отходов в специальных закрытых установках);
- 5) вермикомпостирование (аэробное компостирование с использованием дождевых червей);
- 6) полевое компостирование отходов в штабелях (производится в естественных условиях на специальных площадках).

В общем случае полный цикл переработки ДРО включает сбор, сортировку, переработку и повторное использование отходов.

Наиболее приемлемые технологии утилизации ДРО могут быть определены только при комплексном подходе ко всем аспектам утилизации. Комплексный подход может основываться на следующих принципах [10].

– Комплексный учет факторов, характеризующих состояние системы «технология – окружающая среда», выбор оптимального соотношения параметров, при котором функционирование системы можно считать безопасным и эффективным с точки зрения экономики и экологии.

– Максимальное использование ценных составляющих ДРО.

– Продукты переработки не должны наносить вред окружающей среде.

– Важнейшими свойствами ДРО, определяющими методы переработки, являются их химический состав [7]. ДРО содержат ценные питательные элементы для почв, которые способствуют их восстановлению и обогащению.

Технико-экономические показатели технологий переработки ДРО

Показатель	Единица измерения	Складирование	Сжигание	Метановое сбраживание	Компостирование в специальных установках	Вермикомпостирование	Полевое компостирование
Экономические факторы							
Капитальные вложения	руб./т	120-300 (без уч. подъездных дорог)	7200-9000	4800-5400	3600-4500	7500-8700	1200-2100
Эксплуатационные затраты	руб./т	90-120	960-1200	900-960	720-780	1500-1950	300-600
Энергозатраты	кВт.ч/т	3-6	26-56	26-32	22-28	100-120	22-28
Трудовые затраты	ч-день/т	0,05-0,1	0,2-0,4	0,3-0,4	0,2-0,3	0,3-0,4	0,2-0,4
Металлоемкость оборудования	Кг/т	0,3-0,4	9-17	23-26	19-21	19-20	3-9
Занимаемая площадь (по полигонам затраты площади)	м ² /т	0,1	0,25-0,5	0,4-0,6	0,4-0,6	0,6-0,8	0,4-0,6
Максимально допустимое расстояние от сооружения до потребителя основной продукции	Км	–	0,5	25	25	25	25
Освоение производства отечественного оборудования		освоено	в стадии освоения	нет	в стадии освоения	в стадии освоения	в стадии освоения
Экологические факторы							
Степень и срок обезвреживания	–	не менее 20 лет	полное за 1 час	10-16 сут.	4-60 сут.	4-30 сут.	4-18 мес.
Наличие отходов производства	% от массы ТБО	100	25-30 (зола и шлак)	25-30 (некомпостируемая фракция)	25-30 (некомпостируемая фракция)	0-30 (некомпостируемая фракция)	0
Получение вторичных ресурсов							
Виды используемых вторичных ресурсов, содержащихся в ТБО		биогаз после рекультивации	тепловая энергия	компост, биогаз	компост	компост, белковый корм	компост
Количество вторичных продуктов на 1 т ТБО							
Компост	%	0	0	75	75	75	75
Белковый корм	%	0	0	0	0	2	0
Тепло	ГДж/т	0	6,25	0,2	0	0	0

– Быть экономически целесообразными (к числу важнейших технико-экономических показателей относятся: степень их возможного использования, экономия природного сырья и материальных ресурсов, экономия топливно-энергетических ресурсов, качественные показатели про-

дукции, ее востребованность и конкурентоспособность на рынке, однородность состава отходов, склонность их к технологической подготовке и переработке, наличие транспортных коммуникаций и радиус перевозок, размер капитальных вложений и др.).

Экологические показатели основных методов обезвреживания ТБО

Основные методы обезвреживания	Продукты процесса обезвреживания	Влияние на окружающую среду
Полигоны захоронения ТБО	Биогаз, фильтрат	Выделяются вредные газы, фильтрат, загрязняющий почву и грунтовые воды, размножаются грызуны, болезнетворные микроорганизмы. Выбросы вредных веществ в атмосферу 1 и 2 класса опасности (0,0579 т/год)
Мусороперерабатывающие заводы	Отходящие газы, вода от промывки газов (при мокрой очистке), шлак	Выбросы вредных веществ в атмосферу 1 и 2 класса опасности составляют 24,7511 т/год
Основные методы обезвреживания	Продукты процесса обезвреживания	Влияние на окружающую среду
Метановое сбраживание	Компост, биогаз	Выбросы вредных веществ в атмосферу 1 и 2 класса опасности составляют 0,8 т/год
Аэробное компостирование		
Вермикомпостирование		
Полевое компостирование	Компост, биогаз	Выбросы вредных веществ в атмосферу 1 и 2 класса опасности составляют 0,00615 т/год

В табл. 1 и 2 приводятся технико-экономические и экологические показатели, которые характеризуют разные методы переработки ДРО (данные получены по аналогичным полигонам и заводам; стоимости приведены в ценах по состоянию на III квартал 2004 г.) [8]. Анализ существующих систем утилизации отходов городского лесопаркового хозяйства с учетом технико-экономических и экологических факторов показал, что наиболее приемлемой для Москвы технологией утилизации ДРО является метод полевого компостирования в штабелях.

Анализ показал, что переработка ДРО в компост может быть альтернативным направлением по отношению к методам захоронения отходов. Более того, наблюдающийся в мире рост объема перерабатываемых отходов и популярности этого направления свидетельствует о ее перспективности. Также следует отметить, что производство на основе технологии полевого компостирования позволит при минимальных капитальных и эксплуатационных затратах решить ряд экологических проблем города Москвы и сократить затраты городского бюджета на приобретение растительных грунтов для обогащения почв.

Библиографический список

1. Комплексная переработка низкокачественной древесины и отходов лесозаготовок / В.В. Коробов, М.И. Брик, Н.П. Рушанов. – М.: Лесная пром-сть, 1978. – 272 с.
2. Справочное пособие по деревообработке / В.В. Кислый, П.П. Щеглов, Ю.И. Братенков и др. – Екатеринбург: БРИЗ, 1995. – 560 с.
3. Постановление Правительства Москвы от 31.05.2005 № 376–ПП «Об использовании порубочных и растительных остатков для приготовления древесной щепы, компостов, почвогрунтов, применяемых в благоустройстве и озеленении города Москвы».
4. Аналитический доклад. Состояние зеленых насаждений в Москве. По данным мониторинга 2002 г. – М.: ОАО «Прима-М», 2003. – Вып. 6.
5. Европейская практика обращения с отходами: проблемы, решения, перспективы. Санкт-Петербург, 2005 г., *Данный материал опубликован при поддержке Европейского Союза*. <http://www.ecoindustry.ru/ndocs/view.html&page=1&id=1345>.
6. Артамонова, В.С. Современные аспекты ремедиации биологических свойств городских почв / В.С. Артамонова, А.А. Танасиенко, С.Б. Бортникова // Сибирский экологический журнал. – 2005. – № 5. – С. 855–864.
7. Дворкин, Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – Ростов: Феникс, 2007. – 368 с.
8. Соломина, О.И. Технология утилизации древесно-растительных отходов городской среды для рекультивации земель: дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / О.И. Соломина. – М.: РГБ, 2005.
9. Бегунков, О.И. Использование низкотоварной древесины и отходов лесопромышленного производства: Практическое руководство / О.И. Бегунков, Н.В. Выводцев, В.В. Гурьев; под ред. В.В.Шкутко. – Хабаровск.: Изд. Хабар. Гос. тех. ун-та, 2003. – 132 с.
10. Хальфиев, Р.Р. Проблемные вопросы проведения эколого-экономической оценки эффективности инвестиционных проектов / Р.Р. Хальфиев, Е.Р. Магарил // Вестник УГТУ–УПИ. – 2009. – № 2. – С. 81–88.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ В КОМПОЗИТНЫХ ДЕРЕВОКЛЕЕННЫХ БАЛКАХ

М.В. ЛУКИН, *асс. каф. строительных конструкций Владимирского ГУ
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых*

lukin_mihail_22@mail.ru

Древесина обладает целым рядом ценных физико-механических и эстетических свойств, которые позволяют широко использовать ее в строительстве. Кроме того, древесина является уникальным природным материалом, важными особенностями которого являются его возобновляемость и экологическая чистота. Одной из важнейших проблем современного общества является повышение эффективности ее использования за счет применения конструкций и изделий с малой материалоемкостью и разработки новых ресурсосберегающих технологий.

Разработка композитных конструкций шла по двум основным направлениям: развитие производства деревоклееных конструкций (ДКК) и армированных деревянных конструкций (АДК).

В настоящее время перед отечественным производством композиционных конструкций стоят задачи по восстановлению и увеличению объемов производства, повышению качества и конкурентоспособности выпускаемой продукции, снижению токсичности и материалоемкости производства продукции с применением древесины. Решение этих задач основано на разработке новых конструкций и совершенствовании имеющихся технологий современного производства. Поэтому развитие теории композитных конструкций в данном направлении с разработкой рекомендаций по технологии изготовления и совершенствованию технологических процессов является актуальной научной задачей.

Основными элементами разработанной деревоклееной композитной балки служат древесина, прокат в виде металлического швеллера и арматурные стержни. Деревянное сечение исследуемых балок составляет 100×240 мм. Длина составляет 4,8 м, расчетный пролет 4,5 м. Швеллер устанавливается

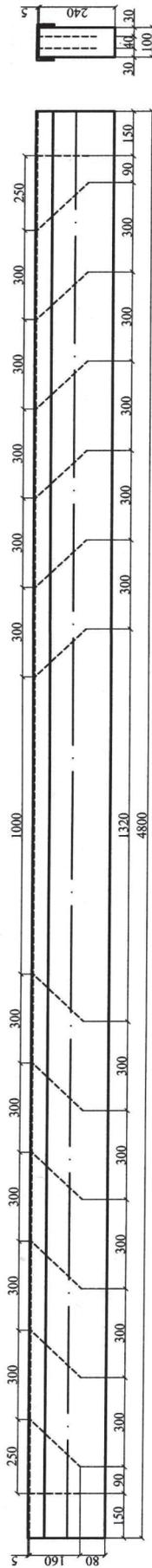
или в верхней (сжатой) или в нижней (растянутой) зоне балки, номер проката выбирается по ширине сечения балки (№ 12). Крепление швеллера к телу балки выполняется при помощи наклонно клеенных арматурных стержней класса А-400 периодического профиля диаметром 10 мм. Расположение их принимается по главным растягивающим либо сжимающим напряжениям под углом 45° с шагом 300 мм по длине балки. Исследования проведены на 4-х вариантах деревоклееных композитных балок (рисунок).

С целью изучения работы деревоклееной композитной балки под нагрузкой были проведены теоретические и экспериментальные исследования. Исследования существующих методов расчета композитных конструкций показали, что с точки зрения проектирования прикладным является инженерный метод расчета композитных конструкций по приведенным геометрическим характеристикам. Этот метод с достаточной точностью позволяет оценивать их несущую способность и деформативность в упругой стадии работы, опираясь на действующие нормы проектирования деревянных конструкций.

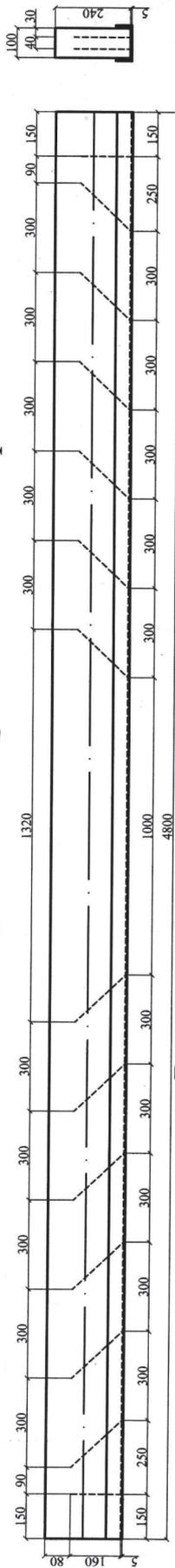
С целью учета определенной податливости соединения деревянной балки и швеллера и значительного расхождения результатов с экспериментальными данными, составляющего в процентном соотношении 11...17%, в известные формулы строительной механики введены коэффициенты $k_w=0,65$ и $k_{ж}=0,85$, полученные опытным путем и позволяющие повысить точность определения напряжений и прогибов в конструкции соответственно.

По результатам исследования определены значения несущей способности и деформативности композитных балок, а также выполнен подбор диаметра, угла наклона и шага расположения арматурных стержней.

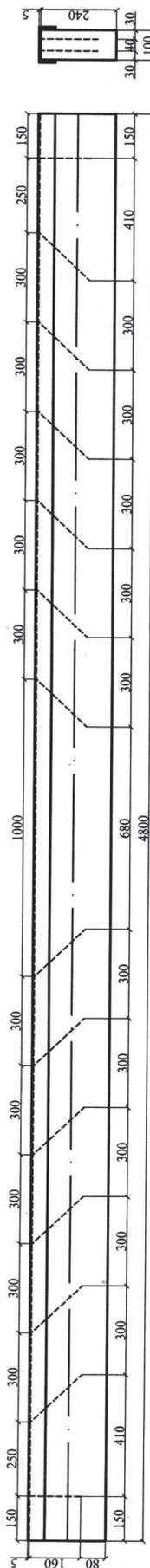
Вариант 1. Композитная балка перекрытия, армированная сверху по главным сжимающим напряжениям



Вариант 2. Композитная балка перекрытия, армированная снизу по главным растягивающим напряжениям



Вариант 3. Композитная балка перекрытия, армированная сверху по главным растягивающим напряжениям



Вариант 4. Композитная балка перекрытия, армированная снизу по главным сжимающим напряжениям

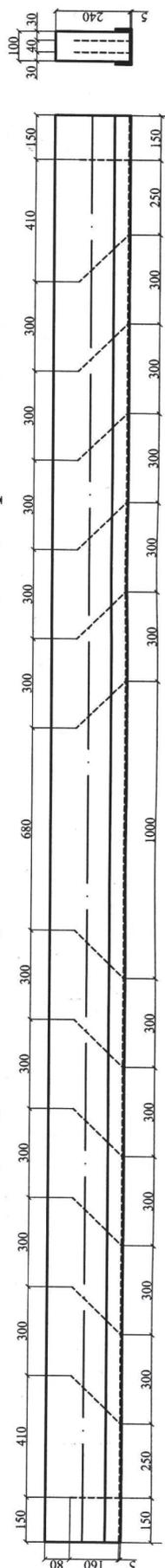


Рисунок. Варианты деревоклееных композитных балок перекрытия

Численный эксперимент выполнен с учетом действительной работы древесины, с использованием диаграммы работы «сжатие–растяжение», полученной при испытании стандартных образцов древесины. Так как в расчеты численным методом вводятся графики действительной работы древесины, учитывающие нелинейность, разномодульность, анизотропию и ползучесть древесины, то точность полученных результатов значительно выше, чем результатов инженерного метода расчета. В процентном соотношении разница численного с экспериментальным исследованием составила всего 3–6 %. Численный расчет, выполненный с учетом особенностей свойств древесины, дает возможность более экономичного проектирования и применим для расчета конструкции на всех стадиях работы.

Для проведения экспериментальных исследований балок выбран метод тензометрии, поскольку из всех существующих методов он один дает количественную картину перемещений и напряжений, а не качественную. Качественная картина распределения напряжений получена с помощью МКЭ.

Испытанию подвергалась натурная конструкция, что давало возможность сохранить все физические явления, происходящие в ней при нагружении. На основании результатов исследования получены необходимые знания о характере разрушения, прочности и деформативности реальных композитных балок.

По результатам исследования выявлено, что армирование, предложенное для создания композитных балок, повышает их несущую способность на 47–66 % и уменьшает деформативность на 54–62 % по сравнению с обычными деревянными балками. Это позволяет использовать их под повышенные нагрузки, расширяет область применения и дает экономии древесины при производстве конструкций.

Технологический процесс производства деревоклееной композитной балки может быть разделен на 5 стадий.

На первой стадии предполагается механическая обработка древесины, включающая:

1. Распиловку круглого леса с использованием стационарных лесопильных рам с целью получения заготовок прямоугольного сечения.

2. Сушку пиломатериалов в сушильных камерах, при этом влажность высушенной древесины не должна превышать 12 %.

3. Строжку деревянной заготовки на заданную толщину только по трем сторонам с применением рейсмусного станка. Четвертая сторона, которая будет соприкасаться со швеллером, обработке не подвергалась.

4. Разметку согласно рабочим чертежам с нанесением схемы армирования мелом на боковой поверхности для упрощения контроля размещения стержней.

5. Сверление круглых отверстий в древесине с использованием сверлильно-долбежного станка попарно с шагом 300 мм, режущим инструментом которого является сверло, перемещающееся по отношению к детали в глубину. Диаметр отверстия, как рекомендуют нормы, превышал на 5 мм диаметр вклеиваемого стержня и составлял 15 мм. Процесс удаления стружки сжатым воздухом из отверстий происходил параллельно сверлению отверстий. В деревянной заготовке в местах расположения стержней по высоте заготовки должны быть предусмотрены боковые отверстия диаметром 3–5 мм для выдавливания избытка клея.

На второй стадии предполагается изготовление изделий из арматуры и проката, включающее:

1. Раскрой арматурных изделий и проката по длине. Указание мест отгибов концов стержней, на расстоянии 50 мм от края, и разметка на стенке проката мест под сверление предполагаемых отверстий.

2. Резание по заданным размерам после раскроя изделий из хлыстов при помощи углошлифовальных машин.

3. Гнутье стержней по шаблону с отгибом конца на 45° на прессовом оборудовании.

4. Устройство отверстий в швеллере для пропуска арматуры под углом 45° при помощи фрезерного станка. Диаметр отверстия составлял 15 мм. Расстояние между отверстиями по ширине принималось равным 40 мм, что составляет 1/3 от ширины полки швеллера, по длине шаг составил 300 мм.

5. Очистка изделий от пыли и грязи.

При изготовлении композитных балок наиболее трудоемким процессом вклеивания арматуры, который включает: операции при-

готовления клеевой композиции для склеивания арматуры, укладку и запрессовку стержней арматуры, который можно объединить в третью стадию.

На третьей стадии выполняются работы, включающие:

1. Приготовление эпоксидно-песчаного клея холодного твердения порциями, необходимыми для вклеивания группы стержней арматуры одной балки. Состав клея ЭПП-1: на 100 в.ч. смолы ЭД-20, 100 в.ч. речного песка, 15 в.ч. пластификатора, 12 в.ч. отвердителя ПЭПА. Песок предварительно просеивался через сито 0,25 мм и прокаливался на плите.

2. Заполнение отверстий эпоксидными составами с помощью специального устройства – шприца с диаметром сопла не менее 12 мм.

3. Погружение предварительно очищенных, обезжиренных и смазанных клеем стержней виброинструментом. При производстве композитной конструкции применен нагрев в камере аэродинамического прогрева до 50–60°, при котором разборная прочность достигается через 2–3 ч, что значительно снижает трудоемкость изготовления.

4. Выдержка после вклеивания стержней, которая составляла в среднем 12–15 дней.

5. Контроль соединения арматуры с древесиной, осуществляемый косвенным методом, то есть определялась кубиковая прочность компаунда.

На четвертой стадии выполняются сварочные работы, целью которых является жесткое крепление отгибов арматурных стержней со стенкой швеллера. Для сварки используется аппарат с переменным током. Швы выполняются сплошными двухсторонними. Работы производятся с технологическими перерывами для охлаждения металла и контроля качества шва с удалением шлака.

На пятой стадии выполняется защита открытых металлических элементов противокоррозионными составами и деревянных элементов составами биозащиты.

Совершенствование технологических процессов производства композитных балок может быть достигнуто за счет:

– параллельного производства работ на 1 стадии технологического процесса (механическая обработка древесины) и на 2

стадии (изготовление изделий из арматуры и швеллера);

– строжки лишь 3-х сторон деревянной заготовки с применением рейсмусных станков;

– применением сверлильно-долбежного станка с отклонением шпинделя на 45°.

– нагрева в камере аэродинамического прогрева до 50–60°, при котором разборная прочность достигается через 2–3 ч;

– применением специальных шприцов для закачивания в отверстия эпоксидно-песчаного клея.

При организации производства новых видов композитных балок экономится экологически чистый природный материал – древесина, происходит увеличение занятости населения и развитие инфраструктуры. Разработанная технология производства композитных балок позволяет выпускать конкурентоспособные конструкции при снижении производственных затрат. Так как высота сечений композитных конструкций меньше на 20–30 %, а монтажная масса на 30–40 % меньше, чем у обычных деревянных конструкций, то это приводит к снижению затрат на изготовление заготовок, позволяет увеличить оборачиваемость и производительность применяемого оборудования.

Общая концепция повышения эффективности использования древесины на примере деревоклееных композитных балок сводится к применению их при реконструкции ветхого жилья, а также новом малоэтажном строительстве. Это является важной задачей, непосредственно связанной с реализацией федеральных целевых программ: «Развитие производств по глубокой переработке древесины», а также «Доступное и комфортное жилье – гражданам России».

Библиографический список

1. Щуко, В.Ю. Армированные деревянные конструкции в строительстве: учеб. пособие / В.Ю. Щуко, С.И. Рощина. – ВлГУ, 2002. – 68 с.
2. Карлсен, Г.Г. Конструкции из дерева и пластмасс / Г.Г. Карлсен, Ю.В. Слискоухов. – М.: Стройиздат, 1986. – 543 с.
3. ЦНИИСК им. Кучеренко. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80). – М.: Стройиздат, 1986.

КАТИОННЫЕ КРАХМАЛЫ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МОДИФИКАТОРЫ АМИНОАЛЬДЕГИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ

С.М. ТАРАСОВ, доц. каф. хим. технологии древесины и полимеров МГУЛ, канд. техн. наук,
В.И. АЗАРОВ, зав. каф. хим. технологии древесины и полимеров, проф., доктор техн. наук,
Г.Н. КОНОНОВ, проф. каф. хим. технологии древесины и полимеров МГУЛ, канд. техн. наук,
А.М. ИВАНОВА, студентка МГУЛ

caf-htdip@mgul.ac.ru

Не один десяток лет в России и в мире продолжают исследования возможности использования аминокальдегидных олигомеров в производстве целлюлозных материалов, и в частности бумаги и картона. Наибольшее распространение в мировой практике получили методы придания бумаге влагопрочности с использованием в ее композиции карбамидо- и меламинаформальдегидных олигомеров [1]. Помимо придания бумаге влагопрочности, эти олигомеры одновременно способствуют проклейке бумаги канифольным клеем, увеличению сопротивлений разрыву, продавливанию и удлинению до разрыва в сухом состоянии. При малой дозировке смолы несколько увеличивается и сопротивление бумаги излому [2].

Однако существует ряд недостатков использования КФО и МФО, таких как повышение хрупкости бумаги, низкая влагостойкость КФО, неоправданно высокая стоимость и большой расход МФО (до 80 кг/т и выше), а также возможность выделения свободного формальдегида как в процессе производства, так и в процессе эксплуатации готовой продукции. Поэтому промышленное применение данных олигомеров ограничено. В связи с этим остро стоит вопрос об улучшении свойств аминокальдегидных олигомеров и расширении их использования.

Одним из наиболее действенных методов, повышающих эксплуатационные характеристики и снижающих вредность аминокальдегидных олигомеров, является их химическая модификация. Это дает возможность создания чрезвычайно большого количества олигомерных и полимерных продуктов на карбамидоформальдегидной основе, а правильный выбор модификатора позволяет гибко и целенаправленно регулировать их свойства.

В ходе исследований в данной области было установлено, что высокоэффективными модифицирующими добавками для аминокальдегидных олигомеров являются катионные крахмалы.

Они хорошо сочетаются с КФО при введении на стадии синтеза и имеют хорошее сродство с бумажным полотном. Кроме того, в результате ранних исследований было выявлено, что наилучшими свойствами обладают продукты, содержащие около 12 % меламина по сухому веществу [3, 4].

Физико-механические свойства бумаги, обработанной с поверхности такими олигомерами, существенно повышались [5].

В связи со всем вышесказанным в лабораторных условиях была проведена серия опытов, в результате которых были получены образцы карбамидомеламинаформальдегидных олигомеров, модифицированных катионным крахмалом; исследована зависимость свойств олигомеров от природы и количества модификатора.

Согласно разработанной рецептуре, клей для обработки целлюлозных материалов, включающий карбамидомеламинаформальдегидный олигомер и модификатор, содержит взятые в следующем соотношении компоненты (в % по сухому веществу или в граммах):

Формальдегид – 48 % (г, в виде 37 %-го формалина – 130 г);

Карбамид (основная загрузка, К1) – 22 % (г);

Карбамид (дополнительная загрузка, К2) – 15 % (г);

Меламин – 13 % (г);

Следует отметить, что соотношение компонентов для синтеза олигомера не является фиксированным и может варьироваться в зависимости от назначения олигомера, так-

же как и порядок их введения в реактор в процессе синтеза.

Содержание катионного крахмала в синтезированных образцах модифицированного КМФО варьировалось от 3 до 5 % от массы сухого вещества. Мольное соотношение «карбамид + меламин : формальдегид» составляло от 1:1,7 до 1:2.

Для исследований были выбраны следующие виды катионного крахмала, достаточно распространенные в настоящее время на российском рынке:

1. «Бокат» (Россия, ОАО «Технобум»), С.З. = 0,030...0,040;
2. «Б-32» (Россия, ОАО «Ибрэдкрахмалпатока»), С.З. ≈ 0,032;
3. «ЕСА-СS» (Швеция, ЕСАChemical), С.З. = 0,030...0,040;
4. «Mylbond 143» (Голландия), С.З. ≈ 0,043;
5. «Emcat C3 Jet» (Германия, Emsland Starke GmbH) С.З. ≈ 0,030;

6. «Emcatsol КОС» (Германия, Emsland Starke GmbH) С.З. ≈ 0,035;

7. «Empresol NE 25E» (Германия, Emsland Starke GmbH), С.З. ≈ 0,025;

8. «Empresol N» (Германия, Emsland Starke GmbH) С.З. ≈ 0,025.

Основной задачей синтеза являлось использование полимерных молекул катионного крахмала в качестве матрицы, на спиртовые гидроксилы которых прививаются олигомерные карбамидомеламиноформальдегидные остатки со сравнительно невысокой степенью поликонденсации.

Схематично структурная формула полученного олигомера может быть представлена на рис 1. Следует отметить, что расположение звеньев в макромолекуле олигомера, кроме глюкопиранозных звеньев крахмала, носит вероятностный характер.

Результаты испытаний основных технологических параметров полученных КМФО приведены в таблицах 1, 2, 3.

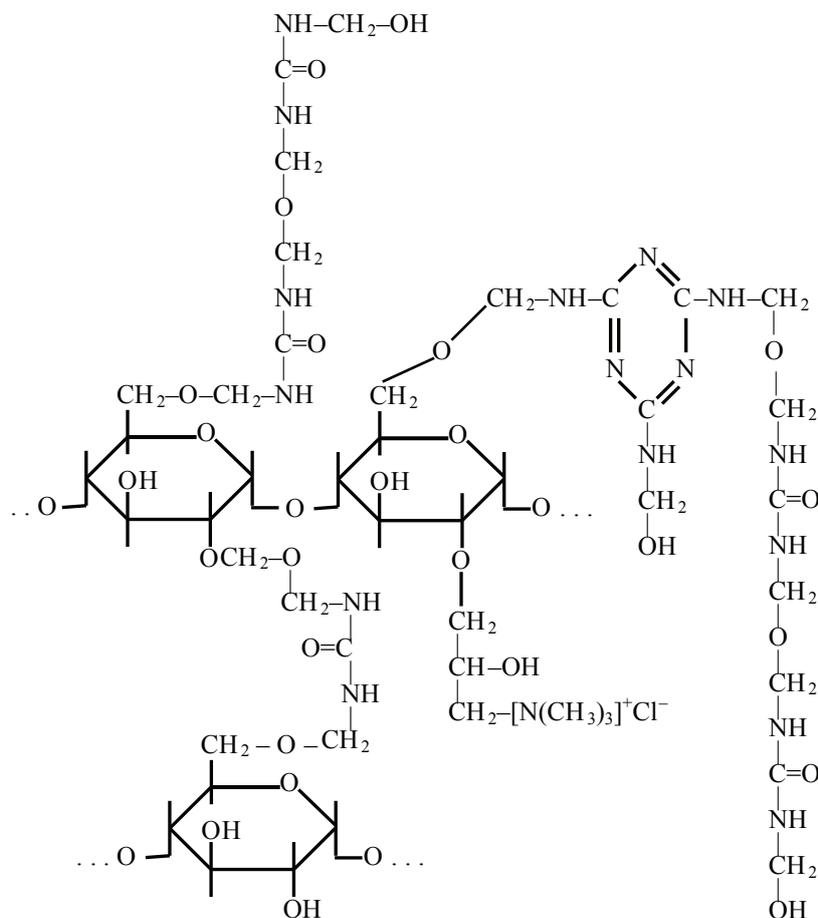


Рис. 1. Приблизительная структурная формула модифицированного КМФО

Т а б л и ц а 1

Свойства модифицированных КМФО при содержании катионного крахмала 3 %

Вид модификатора – катионный крахмал	Свойства					
	внешний вид 30 %-го водного раствора	вязкость, мПа·с	массовая доля свободного формальдегида, %	время желатинизации при 100°C с 1 % NH ₄ Cl, с	содержание метилольных групп, %	смешиваемость с водой 1:20
Бокат	Полупрозрачный с грязно-желтым оттенком	20	0,7–0,9	45–50	16,4–17,4	возможен осадок
Б-32	Полупрозрачный с желтоватым оттенком	21	0,7–0,9	50–55	16,7–17,4	полная
ECA-CS	Полупрозрачный с белым оттенком	23	0,6–0,8	50–55	16,9–17,5	полная
Mylbond 143	Полупрозрачный с белым или желтоватым оттенком	19	0,6–0,8	45–50	16,7–17,5	полная
Emcat C3 Jet	Полупрозрачный с белым оттенком	19	0,6–0,8	40–50	16,8–17,6	полная
Emcatsol КОС	Полупрозрачный с белым оттенком	17	0,6–0,8	40–45	16,7–17,5	возможен осадок
Empresol NE 25 E	Полупрозрачный с белым оттенком	18	0,6–0,8	40–50	16,8–17,6	полная
Empresol N	Полупрозрачный с белым оттенком	18	0,6–0,8	40–50	16,8–17,5	полная

Т а б л и ц а 2

Свойства модифицированных КМФО при содержании катионного крахмала 4 %

Вид модификатора – катионный крахмал	Свойства					
	внешний вид 30 %-го водного раствора	вязкость, мПа·с	массовая доля свободного формальдегида, %	время желатинизации при 100 °C с 1 % NH ₄ Cl, с	содержание метилольных групп, %	смешиваемость с водой 1:20
Бокат	Полупрозрачный с грязно-желтым оттенком	24	0,6–0,8	45–60	16,3–17,2	возможен осадок
Б-32	Полупрозрачный с желтоватым оттенком	26	0,6–0,8	50–60	16,5–17,3	возможен осадок
ECA-CS	Полупрозрачный с белым оттенком	28	0,5–0,7	45–55	16,8–17,4	полная
Mylbond 143	Полупрозрачный с белым или желтоватым оттенком	22	0,5–0,7	50–60	16,8–17,4	полная
Emcat C3 Jet	Полупрозрачный с белым оттенком	23	0,5–0,7	50–60	16,7–17,4	полная
Emcatsol КОС	Полупрозрачный с белым оттенком	20	0,5–0,7	45–55	16,5–17,3	возможен осадок
Empresol NE 25 E	Полупрозрачный с белым оттенком	21	0,5–0,7	50–60	16,8–17,4	полная
Empresol N	Полупрозрачный с белым оттенком	22	0,5–0,7	50–60	16,8–17,3	полная

Свойства модифицированных КМФО при содержании катионного крахмала 5 %

Вид модификатора – катионный крахмал	Свойства					
	внешний вид 30 %-го водного раствора	вязкость, мПа·с	массовая доля свободного формальдегида, %	время желатинизации при 100°C с 1 % NH ₄ Cl, с	содержание метилольных групп, %	смешиваемость с водой 1:20
Бокат	Полупрозрачный с грязно-желтым оттенком	29	0,5–0,7	50–70	16,0–17,1	осадок
Б-32	Полупрозрачный с желтоватым оттенком	30	0,5–0,7	50–65	16,4–17,1	возможен осадок
ЕСА-СS	Полупрозрачный с белым оттенком	35	0,4–0,6	55–65	16,7–17,2	полная
Mylbond 143	Полупрозрачный с белым или желтоватым оттенком	26	0,4–0,6	55–65	16,6–17,1	полная
Emcat C3 Jet	Полупрозрачный с белым оттенком	26	0,4–0,6	55–65	16,6–17,1	полная
Emcatsol КОС	Полупрозрачный с белым оттенком	24	0,4–0,6	50–60	16,5–17,0	осадок
Empresol NE 25 E	Полупрозрачный с белым оттенком	26	0,4–0,6	50–65	16,7–17,1	полная
Empresol N	Полупрозрачный с белым оттенком	25	0,4–0,6	50–65	16,5–17,1	полная

Из полученных данных видно, что катионные крахмалы отечественного производства не вполне подходят для модификации КМФО и значительно уступают в этом отношении зарубежным аналогам. В частности, по показателю «смешиваемость с водой» КМФО, модифицированные крахмалом «Б-32», показали не вполне удовлетворительные результаты, а крахмалом «Бокат» – крайне неудовлетворительные. Причем, вероятность образования осадков при разбавлении КМФО водой в обоих случаях возрастает почти пропорционально увеличению содержания крахмала.

В процессе реакции таких крахмалов с формальдегидом и метилольными производными карбамида образуются сшитые пространственные структуры, плохо растворимые в воде и склонные к выпадению в осадок.

Катионные крахмалы зарубежного производства – «ЕСА-СS», «Emcat» всех видов, «Mylbond 143», «Empresol» – оказались вполне пригодными для модификации КМФО. При использовании крахмалов «Emcat» вязкость полученных КМФО в среднем чуть ниже, чем в случае использования крахмала «ЕСА-СS», что связано с более вы-

сокой степенью замещения катионных групп первого, что в целом способствует снижению вязкости. КМФО, модифицированные крахмалами «Mylbond 143» и «Empresol», отличались от двух предыдущих в основном более низкой вязкостью растворов.

Вместе с тем следует отметить, что крахмалы холодного приготовления марки «Empresol» имеют повышенную реакционную способность по отношению к аминокальдегидной составляющей, поэтому вводить их в реактор следует ближе к окончанию синтеза, а температуру при этом следует снижать до 40 °С или ниже. Быстрорастворимые крахмалы типа «Emcat C3 Jet» показали стабильно хорошие результаты, но вводить в реактор их также следует ближе к окончанию синтеза. Крахмалы марок «Emcat» горячего приготовления вступают в реакцию несколько медленнее указанных выше. Объясняется эта разница в реакционной способности особенностями надмолекулярной структуры катионных крахмалов: чем более она разрыхленная, тем легче они растворяются в воде и тем выше их химическая активность, поскольку выше доступность функциональных групп.

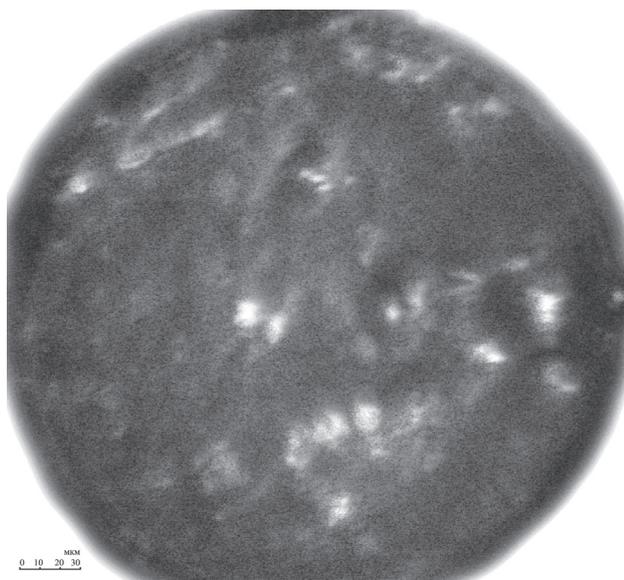


Рис. 2. Набухшие в воде зерна катионного крахмала

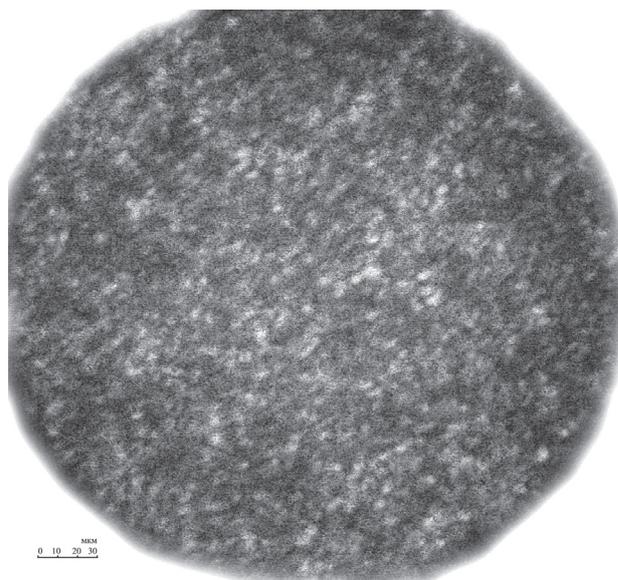


Рис. 3. Дисперсия модифицированного КМФ-олигомера

Было также установлено, что во всех случаях синтез модифицированных олигомеров следует вести до стадии набухания зерен катионного крахмала, скорость которого зависит от вида крахмала и, как указывалось выше, от степени разрыхления надмолекулярной структуры. В частности, крахмалы холодного приготовления следует вводить в практически готовый олигомер. Внешний вид набухших в воде зерен катионного крахмала, по которому можно судить о готовности его клейстера, на примере крахмала «Emcat C3 Jet» представлен на рис. 2.

Синтез олигомера обычно останавливают на стадии достаточного набухания зерен. Его также можно вести до стадии их разрушения. Вид водной дисперсии КМФ-олигомера, модифицированного катионным крахмалом концентрацией 35 % по сухому веществу, представлен на рис. 3.

Оптическое увеличение на фотографиях составляет $\times 400$.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что имеется возможность получения КМФ-олигомеров, модифи-

цированных катионными крахмалами, пригодных для использования в производстве бумаги и картона. Стабильность некоторых полученных водных растворов олигомеров достигает 2 месяцев, что дает возможность их централизованного промышленного производства.

Библиографический список

1. Азаров, В.И. Полимеры в производстве древесных материалов / В.И. Азаров, В.Е. Цветков. – М.: МГУЛ, 2006. – 236 с.
2. Крылатов, Ю.А. Проклейка бумаги / Ю.А. Крылатов, И.Н. Ковернинский – М.: Лесная промышленность, 1987. – 288 с.
3. Тарасов, С.М. Клей для обработки целлюлозных материалов / С.М. Тарасов и др. // Патент РФ на изобретение № 2333303, 10.09.08. – Заявка № 2007106643, 22.02.07.
4. Тарасов, С.М. Клей для обработки целлюлозных материалов / С.М. Тарасов и др. // Патент РФ на изобретение № 2333304, 10.09.08. – Заявка № 2007106657, 22.02.07.
5. Тарасов, С.М. Модификация карбамидоформальдегидных олигомеров различными видами катионного крахмала / С.М. Тарасов, В.И. Азаров, М.А. Тарасова – Науч. тр. – Вып. 335. – М.: МГУЛ, 2006. – С. 71–74.

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН НА ОСНОВЕ НИЗКОКОГЕРЕНТНОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ

В.Д. БУРКОВ, проф. МГУЛ, д-р техн. наук,

В.Т. ПОТАПОВ, проф. МГУЛ, д-р техн. наук,

Т.В. ПОТАПОВ, Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники РАН,
канд. физ.-мат. наук,

М.Е. УДАЛОВ, доц. МГУЛ, канд. техн. наук

burkov@mgul.ac.ru

Методы низкокогерентной волоконно-оптической интерферометрии находят все более широкое применение для измерения геометрических характеристик различных объектов (положения объектов в пространстве, оптических толщин, расстояний и перемещений) и могут быть использованы для создания миниатюрных и высокочувствительных датчиков различных физических величин, в частности температуры, давления, вибраций и др. [1, 2]. Чувствительный элемент или первичный преобразователь такого датчика представляет собой микроинтерферометр Фабри-Перо (ИФП), база которого (расстояние между отражающими зеркалами) изменяется под внешним воздействием. По изменениям базы ИФП определяется величина этого воздействия. Низкокогерентная оптическая интерферометрия представляет собой метод оптических измерений, использующий свойства частично-когерентного оптического излучения с продольной длиной когерентности много меньшей оптических путей интерферирующих лучей. Методы низкокогерентной интерферометрии основаны на измерении автокорреляционной функции зондирующего излучения после его взаимодействия с чувствительным элементом (ИФП) и последующего нахождения базы ИФП с помощью преобразования Фурье. Автокорреляционная функция может быть измерена либо с помощью интерферометра с модулируемой разностью плеч (оптического коррелометра), либо методом спектральной низкокогерентной интерферометрии, который заключается в измерении спектра мощности излучения, прошедшего через контролируемый ИФП (чувствительный элемент) и вычислении базы ИФП с помощью преобразования Фурье. В настоящей работе описывается метод спектральной низкокогерентной интерферометрии. В ИФП

происходит многолучевая интерференция света и функции пропускания и отражения интерферометра определяется функциями Эйри

$$\frac{I^{(r)}}{I^{(i)}} = \frac{F \sin^2 \frac{\delta}{2}}{1 + F \sin^2 \frac{\delta}{2}} \quad \delta = \pi m$$

– максимумы (отражение),

$$\frac{I^{(t)}}{I^{(i)}} = \frac{1}{1 + F \sin^2 \frac{\delta}{2}} \quad \delta = 2\pi m$$

– максимумы (пропускание),

где $F = 4R / (1 - R)^2$ – параметр, характеризующий резкость интерферометра – отношение расстояния между соседними полосами в спектре интерферометра к полуширине самой полосы;

$I^{(r)}$, $I^{(t)}$ – интенсивности отраженного и прошедшего через ИФП света, соответственно;

$I^{(i)}$ – интенсивность падающего на ИФП света;

$\delta = (4\pi / \lambda)nd$ – разность фаз между интерферирующими лучами;

где n – показатель преломления среды интерферометра;

d – база интерферометра – измеряемый параметр;

λ – длина волны излучения.

Таким образом, прошедшее и отраженное от ИФП излучения будут промодулированы спектром пропускания или отражения ИФП соответственно. Далее излучение, промодулированное спектром пропускания (отражения), раскладывается дифракционной решеткой и первый или второй порядки дифракции направляются на матрицу фотодиодов (ПЗС матрицу), сигнал от которой можно непосредственно наблюдать на мониторе компьютера и обрабатывать для вычисления базы ИФП.

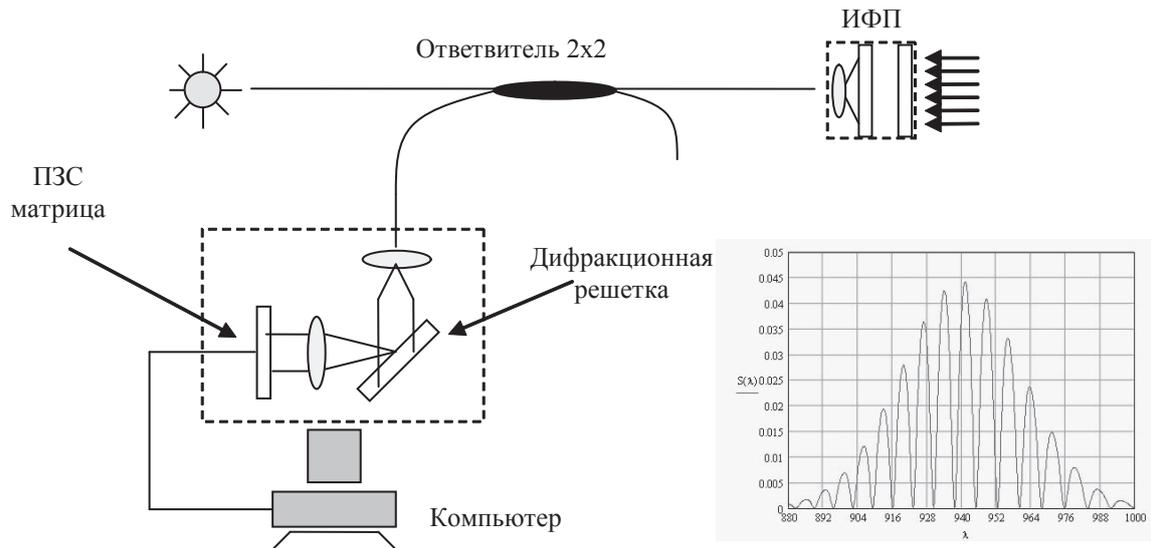


Рис. 1. Схема установки, использующей метод спектральной низкокогерентной интерферометрии для измерения базы интерферометра Фабри-Перо (справа в нижнем углу показан спектр интерферометра Фабри-Перо)

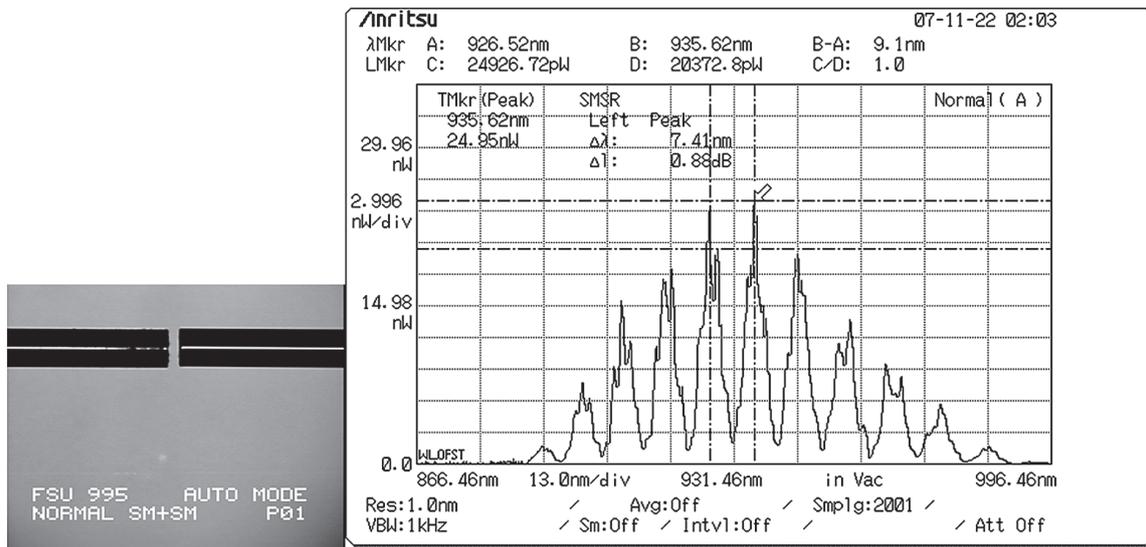


Рис. 2. Спектр источника с интерферометром Фабри-Перо

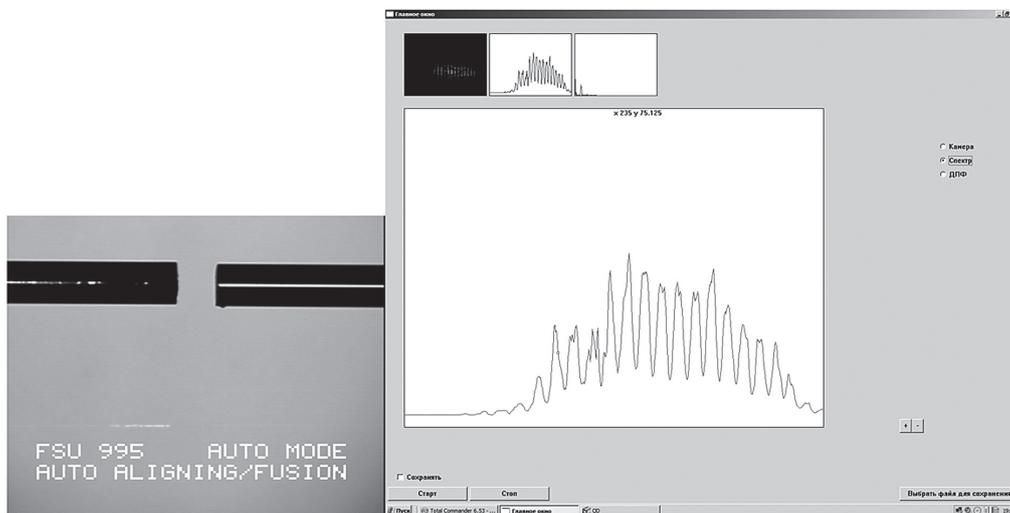


Рис. 3. Спектр источника с интерферометром Фабри-Перо

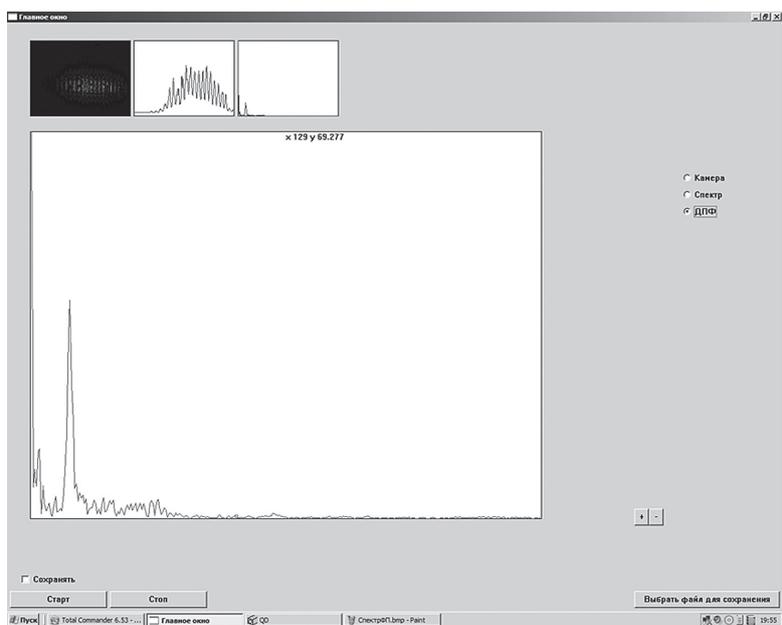


Рис. 4. Фурье-преобразование спектра интерферометра Фабри-Перо

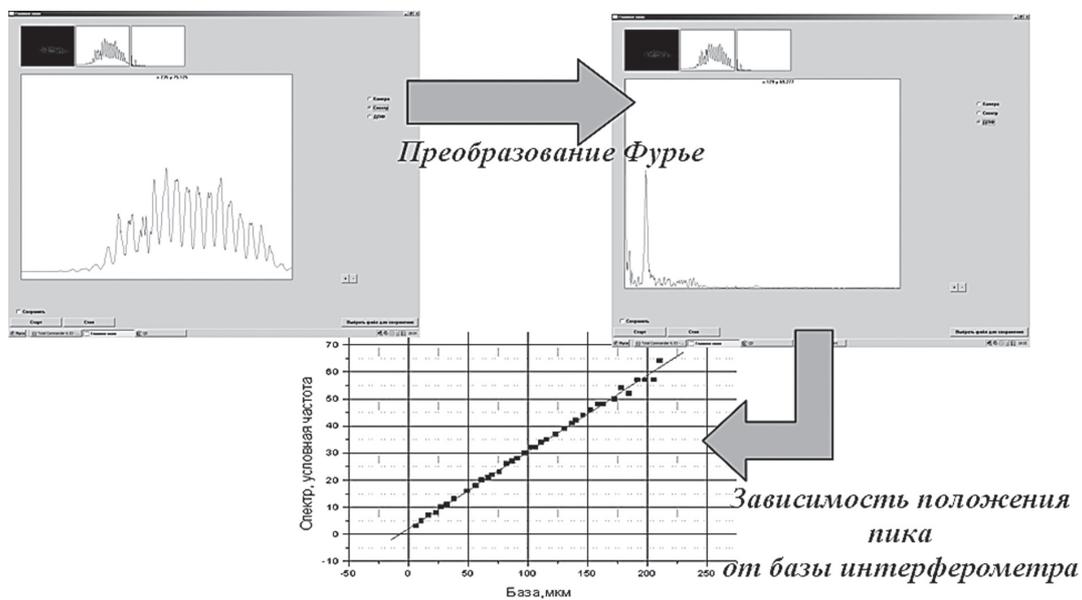


Рис. 5. Схема определения и калибровки базы интерферометра по положению пика на Фурье-преобразовании спектра интерферометра

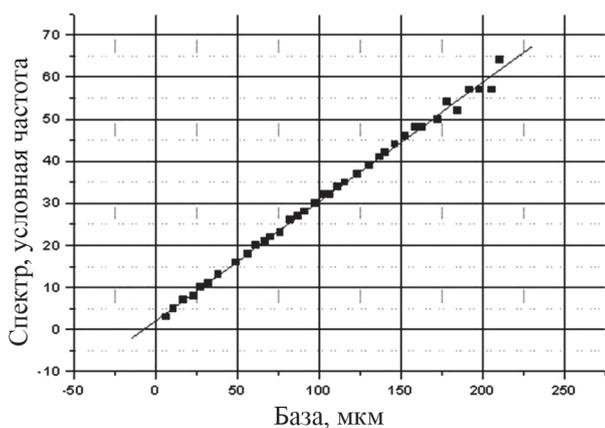


Рис. 6. Зависимость положения частоты пика спектра интерферометра Фабри-Перо от базы интерферометра

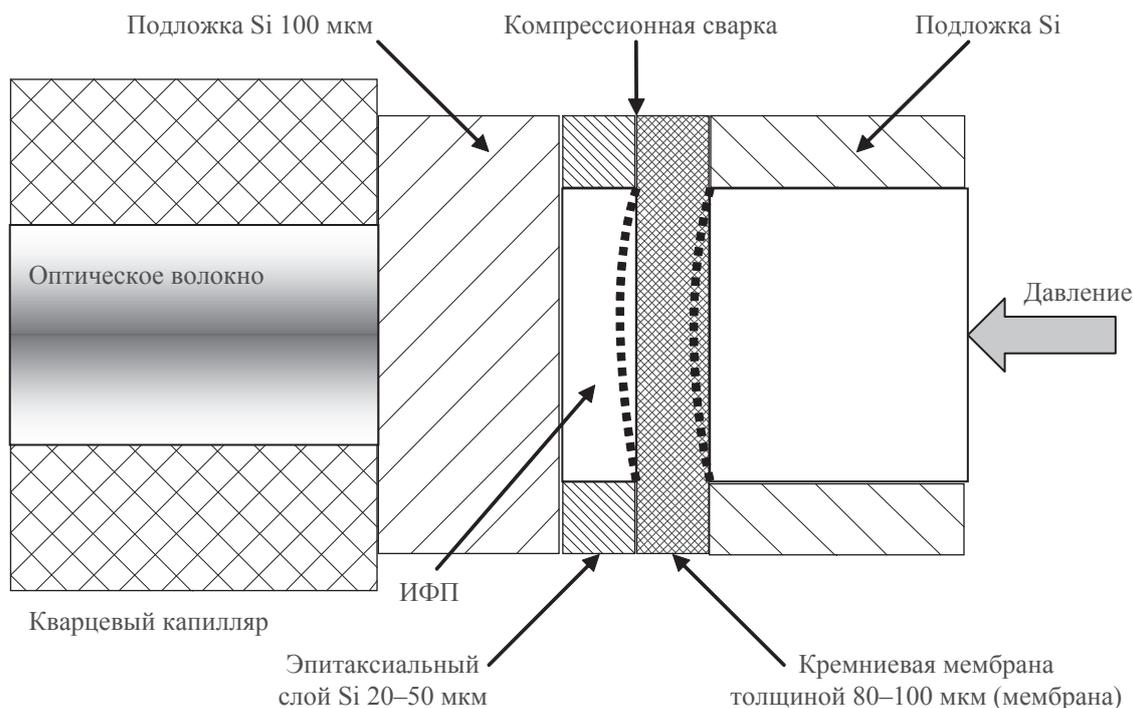


Рис. 7. Конструкция макета чувствительного элемента ВОД давления

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. В этой схеме свет от широкополосного источника излучения, в качестве которого используется суперлюминесцентный светодиод SLD-361, излучающий в диапазоне длин волн 0,85-0,98 мкм по одномодовому волоконному световоду, передается на исследуемый интерферометр Фабри-Перо, располагаемый на конце световода. Отраженный от интерферометра световой поток через оптический разветвитель и волокно поступает на вход миниспектрометра, состоящего из коллимирующей оптики, дифракционной решетки отражательного типа (эшелета) и матрицы фотодиодов (ПЗС-матрицы).

Излучение светодиода, взаимодействовавшее с интерферометром Фабри-Перо, пространственно разлагается дифракционной решеткой и направляется на матрицу фотодиодов, сигнал от которой можно непосредственно наблюдать и обрабатывать на компьютере. Так как интерферометр Фабри-Перо является интерференционным фильтром, пропускание или отражение света которого зависит от длины волны излучения и его базы (расстояния между отражающими поверхностями (зеркалами)), то спектр сигнала, отраженного от интерферометра с фиксированной базой, будет промодулирован кривой зависимостью отра-

жения интерферометра Фабри-Перо от длины волны (рис. 1 в правом нижнем углу). Производя преобразование Фурье этого спектра, мы можем определять базу (расстояние между отражающими поверхностями) интерферометра Фабри-Перо.

Первые предварительные эксперименты по измерению базы ИФП были проведены на ИФП, образованным торцами 2-х оптических волокон.

На рис. 2 и 3 приведены спектры источника с микрорезонаторами Фабри-Перо, образованными торцами оптических волокон, при расстояниях между торцами равных $\cong 30$ мкм (рис. 2) и $\cong 120$ мкм (рис. 3).

Из сравнения этих рисунков видно, что в зависимости от величины базы интерферометра изменяется вид спектра излучения. Таким образом, реализуя микрорезонаторы ФП на торцах оптических волокон, можно создавать микроминиатюрные ВОД различных физических величин.

На рис. 4 показано Фурье-преобразование спектра интерферометра Фабри-Перо, а на рис. 5 изображена схема калибровки базы интерферометра по положению пика на кривой Фурье-преобразования спектра (рис. 4), место которого на шкале частот определяется базой интерферометра. Из прямой на рис.

5 видно, что эта частота линейно зависит от базы интерферометра, что позволяет определять его базу.

Калибровочная кривая приведена на рис. 6.

На основе описанной установки был создан и исследован макет чувствительного элемента ВОД давления. На рис. 7 приведена схема этого чувствительного элемента, изготовленного на основе кремниевой мембраны. Мембрана изготавливалась путем направленного травления кремния (эпитаксиального слоя), предварительно нанесенного на полированную кремниевую подложку. Прослойка кремния, образованная эпитаксиальным слоем по периметру мембраны, необходима для создания полости между подложкой и мембраной, образующими интерферометр Фабри-Перо. Мембрана со стороны этой прослойки приваривалась к опорной кремниевой подложке, которая в свою очередь с помощью высокотемпературного оптического клея фиксировалась на кварцевом капилляре с оптическим волокном. Давление на чувствительный элемент подавалось с внешней стороны мембраны. По предварительным испытаниям пороговая чувствительность длительности такого датчика составила 0,005 атм., диапазон измеряемых давлений – 0,5÷2,5 атм.

В заключение можно отметить, что данный метод может быть использован для создания миниатюрных ВОД для измерения давления вплоть до нескольких сотен атмосфер путем варьирования толщины мембраны и усовершенствования конструкции чувствительного элемента.

В заключение можно отметить, что данный метод может быть использован для создания миниатюрных ВОД для измерения давления вплоть до нескольких сотен атмосфер путем варьирования толщины мембраны и усовершенствования конструкции чувствительного элемента.

Библиографический список

- 1 Y.J. Rao and D.A. Jackson. "Recent progress in fiber optic Low-Coherence interferometry" – Meas.Sci. Technol. – 1996. – №7. – P. 981–992.
- 2 T.Liu, G. Fernando "A frequency division multiplexed low finesse fiber optic Fabry-Perot sensor system for strain and displacement measurements" – Rev. Sci. Instruments – 2000. – V.71(3). – P. 1275–1278.

ТЕХНОЛОГИЯ ГИБКИХ ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩИХ СИСТЕМ В МИКРОВОЛНОВОМ МОНИТОРИНГЕ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

В.Д. БУРКОВ, *проф. каф. ПТПП МГУЛ, д-р техн. наук,*
М.В. ЧЕРЕМИСИН, *асп. каф. ПТПП МГУЛ*

ch_maksimov@mail.ru

Область географических информационных систем (ГИС) является наиболее развитой частью природного мониторинга. Во многих странах ГИС-технология уже давно пользуется большим успехом и приносит ощутимые экономические эффекты. ГИС лежит на стыке компьютерной картографии с базами данных и дистанционным зондированием. Развитие ГИС-технологии привело к созданию технологии гибких информационно-моделирующих систем (ГИМС-технология), основной смысл которой заключен в формуле: ГИМС = ГИС + Модель (Крапивин, Кондратьев, 2002). Развитие в работе авторского коллектива [1] подходы дают достаточно подробную теоретическую основу построения технологии. Функции ГИС дополняются и принимают свойства динамич-

ности за счет введения новой координатной сетки – временного масштаба. В результате пользователь получает инструмент прогнозирования и, следовательно, может, опираясь на шестой уровень базы данных, осуществлять динамическую интеграцию экологической информации. Архитектура ГИМС-технологии отражена на рис. 1.

ГИМС включает несколько блоков, которые выполняют следующие функции:

- сбор информации об объекте мониторинга;
- обработка, сортировка, запоминание и хранение информации;
- моделирование (имитация, организация взаимосвязей, обучение) физико-химических процессов различного вида геоэко-систем;

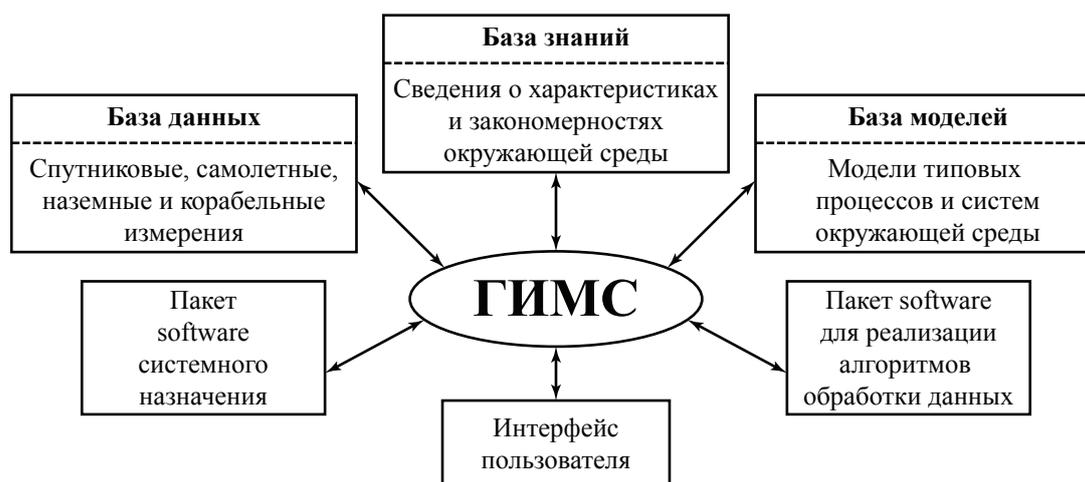


Рис. 1. Архитектура ГИМС [1]

- оценка текущего состояния геоэко-систем;
- прогноз состояния геоэкосистем;
- обратная связь, оценка дефицита информации, ее оптимизация;
- выполнение специфических операций по обработке данных в рамках требований потребителя (оценка и прогноз состояния объектов при реализации антропогенного сценария и т.п.).

Последовательность действий по организации работ и реализации проекта ГИМС ориентируется на создание подсистем:

- сбор и экспресс анализ данных;
- первичная обработка и накопление данных;
- компьютерное картирование;
- оценка состояния атмосферы;
- оценка состояния почвенно-растительных покровов;
- оценка состояния водной среды территории;
- оценка уровня экологической безопасности и риска для здоровья населения;
- идентификация причин нарушения экологической и санитарной обстановки;
- интеллектуальная поддержка компьютерных операций и средств принятия решений.

Состояние природных процессов характеризуется большим разнообразием параметров. Среди них характеризующие тип почвы и растительности, водный режим территории, солевой состав почво-грунтов, уровень залегания грунтовых вод и многие

другие. Требуемая информация об указанных параметрах может быть получена с различной степенью достоверности и производительности из данных наземных наблюдений, дистанционных измерений и из банков данных географических информационных систем, где содержится априорная информация, накопленная в прошлые годы.

В результате соединения системы сбора информации об окружающей среде, модели функционирования геоэкосистемы данной территории, системы компьютерного картографирования и средств искусственного интеллекта синтезируется единая ГИМС-территория, обеспечивающая прогнозные оценки последствий реализации техногенных проектов и другие оценки функционирования геоэкосистемы.

Построение ГИМС связано с выделением компонентов биосферы, климата и социальной среды, характерных для данного уровня пространственной иерархии.

Микроволновый мониторинг растительности как элемент ГИМС-технологии

С каждым годом возрастает роль аэрокосмических информационных технологий, основанных на применении радиоволновых систем. Помимо традиционных систем связи и навигации были испытаны многоцелевые микроволновые системы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), использующие радиолокаторы и радиометры высокого и сверхвысокого разрешения. К ним относятся

российская система «Алмаз», европейские системы ERS-1 и ERS-2, японская система JERS-1, канадская система RADARSAT, американские радиолокаторы с синтезированной апертурой SIR, применявшиеся с борта космического корабля многоразового использования Shuttle, а также данные панорамного радиометра РК-21-8, расположенного на борту МКС. Данные системы продемонстрировали возможность надежного получения радиолокационных изображений поверхности Земли круглосуточно и в любых погодных условиях. При этом было достигнуто такое же пространственное разрешение, как и для оптических сканеров, широко используемых на практике для целей ДЗЗ в космических системах типа «Космос 1939», «Ресурс», Landsat и Spot. Кроме этого на опыте было доказано, что благодаря когерентным и поляризационным свойствам рассеянных микроволновых полей и проникновению микроволнового излучения в глубь земных покровов радиолокационные изображения, по сравнению с оптическими, содержат больший объем дополнительной информации.

С применением микроволновых радиометров с синтезированной апертурой получила новый импульс развития космическая радиометрия. Опытная эксплуатация космических радиолокационных и радиометрических систем ДЗЗ доказала эффективность их применения для решения ряда информационных задач в науках о Земле, в государственном управлении природными ресурсами, в добывающих отраслях промышленности, а также в технологиях, которые непосредственно связаны с экологическим мониторингом природных процессов.

Решение ряда актуальных проблем агрометеорологии, животноводства, лесного хозяйства и многих других сфер человеческой деятельности, направленной на охрану окружающей среды, связано с трудностями эффективного контроля состояния почвенно-растительных формаций (ПРФ). Насущной глобальной проблемой, которая широко обсуждается на протяжении последних лет, является проблема парникового эффекта по причине увеличения концентрации CO_2 в атмосфере.

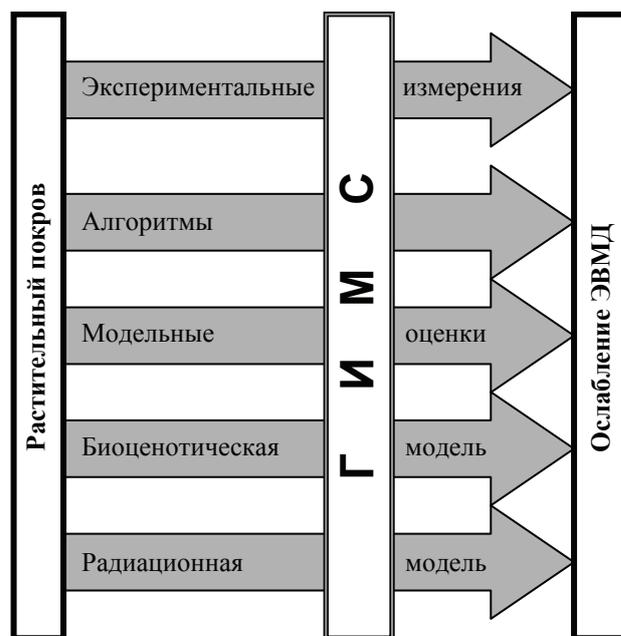


Рис. 2. Схематическое представление структуры ГИМС-технологии в задаче оценки ослабления электромагнитных волн растительностью

Знание состояния ПРФ позволяет рассчитывать пространственное распределение интенсивностей стока углерода и тем самым получать достоверные оценки парникового эффекта.

Значимую роль играет использование ГИМС-технологий в определении моделей для реконструкции пространственных распределений радиационных характеристик ПРФ с учетом динамики их параметров. На схеме рис. 2 представлена концепция ГИМС-технологии, ориентированная на изучение ослабления ЭВМД (электромагнитных волн микроволнового диапазона) растительностью. Используются полуэмпирические модели ослабления и биогеоценоотические модели, базирующиеся на спутниковых измерениях таких характеристик растительности, как PWI (plant water indexes), DVI (normalized difference vegetation index), SRVI (the simple ratio vegetation index), LAI (the leaf area index) и CSI (the canopy structure index). Измерения этих параметров позволяют определять зависимости между показателями ослабления ЭВМД и такими характеристиками растительного покрова, как биомасса и продуктивность. Для лесной растительности предоставляется также возможность учета геометрической структуры леса, высоты и плотности полога, его альбедо и влагосодержание.

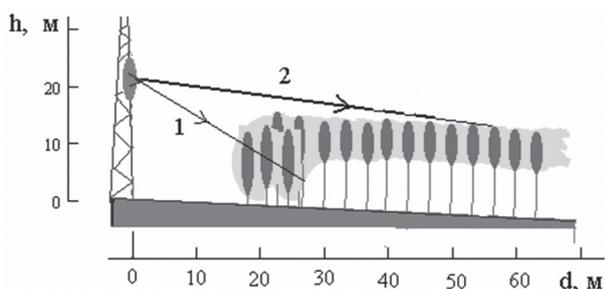


Рис. 3. Схема радиолокации лесного полога[6]

Количественная информация о ПРФ может быть получена в режиме спутникового мониторинга в трассовом пространстве с помощью устройств оптического, ближнего инфракрасного и микроволнового диапазонов. ГИМС-технология обеспечивает объединение всех потоков данных путем расчета коэффициентов моделей. Датчики микроволнового диапазона поставляют также данные о содержании влаги в растениях и почве, что помогает оценивать водный баланс территории и повышает точность модели биопродуктивности растительного покрова.

Для оценки роли растительности используют модель биопродуктивности ПРФ

$$\frac{\partial B(\varphi, \psi, t, \Xi)}{\partial t} =$$

$$= \Phi(\varphi, \psi, t, \Xi) - T(\varphi, \psi, t, \Xi) - M(\varphi, \psi, t, \Xi),$$

где Φ – первичная продукция растений типа Ξ в момент времени t в точке с географическими координатами φ и ψ ;

T и M – потери биомассы растений в процессе эвапотранспирации и отмирания [2–5].

Лесные массивы, главным образом, представляют собой сложную неоднородную среду, распространение радиоволн в которой описывается нестандартными подходами радиофизики. Лесной массив включает непрерывные и дискретные образования. Электромагнитное излучение взаимодействует с каждым из них существенно различно.

В процессе эксперимента, описанного в работе [6], были получены радиолокационные отклики измеряемой области леса на импульсные сигналы длиной порядка нескольких наносекунд. Радиолокационный комплекс располагался на металлической вышке, на высоте 21,3 м над поверхностью земли (рис. 3). В качестве радара использовался сверхширокополосный радар. Спектр

зондирующего сигнала располагался в полосе от 0,5 до 3,5 ГГц. Размеры передающей и приемной антенны параболического типа составляли диаметр 1,6 м, облучатели использовались сверхширокополосные с полосой пропускания 1-12 ГГц при КСВН не выше 1,2. Расположение приемопередающих антенн в эксперименте обеспечило имитацию аэрокосмической схемы зондирования с пространственным разрешением выше, чем в космических радарных системах типа ERS, JERS и RADARSAT. Зондированию подвергался однородный лиственный лес с высотой порядка 16 м. Калибровочные измерения проводились с помощью уголкового отражателя, имеющего размеры 1 м × 1 м × 1 м. Ослабление электромагнитных волн в растительности является определяющим фактором при изучении излучения и рассеяния радиоволн растительными покровами. Кроме того, данные по ослаблению и его зависимости от частоты, угла падения и поляризации электромагнитных волн, влажности и структурных особенностей растительности дают основу для создания алгоритмов восстановления параметров среды распространения.

Анализ ослабления излучения по мере погружения импульса в лесной полог был проведен в работе [6]. Проводились измерения импульсного отклика сигнала по всей толщине измеряемого участка леса до уголкового отражателя в диапазоне дальностей от 20 м до 150 м. Поскольку рассеянный сигнал является сверхширокополосным, для оценки его амплитуды использовалась теория аналитического сигнала. Было определено, что зависимость ослабления поля в лесном пологе от дальности имеет два характерных участка. На первом участке (до 27 м) ослабление идет по экспоненциальному закону. Погонное ослабление на этом участке оценивается как 20 дБ на 100 м. [6, 10, 11]. Второй участок (после 37 м) ослабления описывается степенным законом с показателем степени – 2 (рис. 4). Такому характеру изменения соответствует распространение рассеянных волн вглубь леса через вершины крон деревьев за счет боковой волны, что ранее наблюдалось при просвечивании леса узкополосным микроволновым излучением. Между первым

и вторым участками (расстояния от 27 м до 37 м) наблюдаются оба механизма распространения волн и при этом сигналы интерферируют. Вследствие этого явления возникает сильная изрезанность картины рассеянного поля внутри лесного полога.

Блок-схема разработанного специальным конструкторско-технологическим бюро «Наука» радиолокатора приведена на рис. 5. Основным блоком радиолокатора является полупроводниковый генератор импульсных сверхширокополосных сигналов, длительность импульса которого составляет $\tau_{\text{и}} = 1,5$ нс, а длительность фронтов $\tau_{\text{ф}} = 0,1$ нс. Величина напряжения в импульсе составляла 240 В с частотой повторений импульсов 5 кГц, которые задаются в тактовом генераторе. Измерительный приемник был выполнен в виде стандартного стробоскопического осциллографа типа С1-70. Использовалась стандартная схема измерения с длительностью временной развертки порядка 75 нс. Регистрация сигнала проводилась на ЭВМ с помощью АЦП, который позволил оцифровывать сигналы, выводимые непосредственно на электроннолучевую трубку осциллографа. Для определения дальности отраженных сигналов в схему был задействован ступенчатый генератор сдвига с фиксированным шагом в 25 нс, который позволил менять момент начала стробирования сигналов. Полученное число ступеней (48) позволило достигнуть диапазона радиолокационных дальностей от 0 до 180 м.

Аналогичный полевой эксперимент был проведен сотрудниками ФИРЭ РАН. Измерения спектральных характеристик ослабления ЭМВ в натуральных условиях кронами одиночных деревьев были выполнены с помощью спектрального измерительного комплекса, состоящего из передающей и приемной частей. В состав передающей части входили СВЧ генератор гармонических колебаний; СВЧ генератор качающейся частоты; широкополосный генератор шума ГШ-1000МС; штыревая антенна; широкодиапазонные антенны П6-23 и П6-33. Наибольшее число измерений было выполнено с использованием генератора ГШ-1000МС на антеннах П6-23 и П6-33 [7, 8].

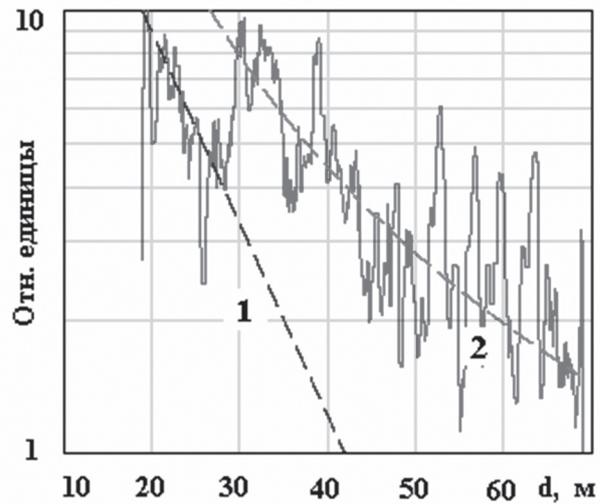


Рис. 4. Ослабление амплитуды импульсного сигнала с расстоянием [6]; 1 — экспоненциальный закон; 2 — степенной закон

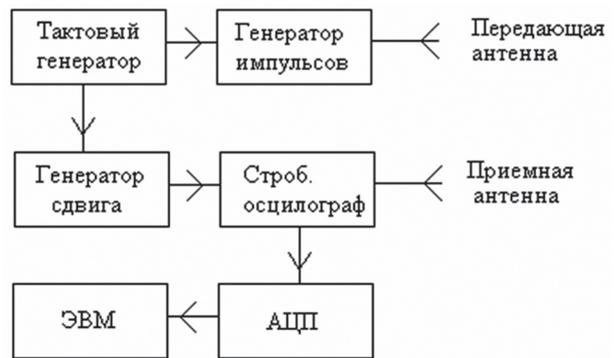


Рис. 5. Блок-схема радиолокатора [6]

Измерения выполнялись по схеме, представленной на рис.6. Антенны размещались в горизонтальном положении для проведения измерений в дальней зоне. В положении А передающей антенны измерялась мощность принимаемого сигнала (или эквивалентная яркостная температура) в свободном пространстве. Затем антенна передатчика устанавливалась в положение В и измерялась мощность ослабленного кроной сигнала. Были проведены предварительные измерения ослабления в непрерывном частотном диапазоне 0,8–2,15 ГГц. Измерения проводились с группами еловых и сосновых веток, начальная влажность которых соответствовала их естественному состоянию. Вывод по результатам измерений был аналогичным с экспериментом, выполненным специальным конструкторско-технологическим бюро «Наука».

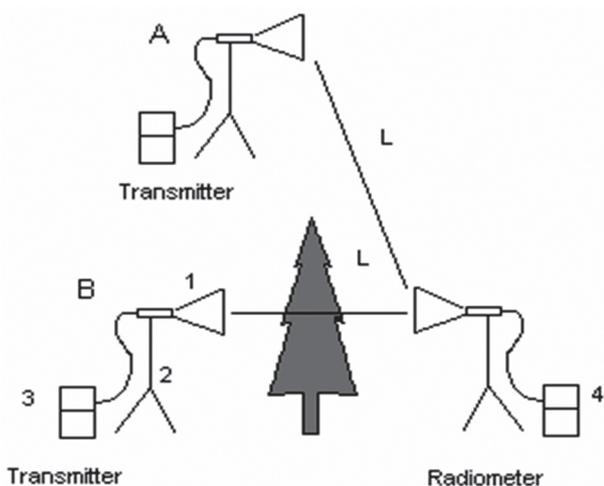


Рис. 6 Схема измерения ослабления радиоволн кроной дерева: 1 – приемная и передающая антенны, 2 – мачта, 3 – генератор, 4 – радиометр [6]

Анализ совокупности приведенных экспериментальных данных показывает следующее:

1. Наблюдается сильная зависимость ослабления от частоты зондирующей электромагнитной волны.
2. Наклон регрессионной кривой зависит от гравиметрической влажности и расположения растительности.
3. Наблюдается близкая к линейной зависимость ослабления от биомассы растительности.
4. Значения ослабления и наклон регрессионных кривых зависят от влажности растительности.

Для решения климатологических задач используются глобальные атмосферные циркуляционные модели. СВЧ радиометрия сегодня – это обширная область знаний, включающая глобальное моделирование в вопросах исследования эффективности применения СВЧ радиометров с низким пространственным разрешением в климатологических задачах, методы по созданию и проверке универсальных алгоритмов определения параметров, входящих в глобальную модель и методы по совместному использованию технологий моделирования (ГИМС) и СВЧ данных. Как известно, основной интегральной величиной, характеризующей интенсивность радиотеплового излучения среды, является яркостная температура (ЯТ) T_p^{BT} . Недостатком спутниковых СВЧ радио-

метрических измерений является низкое пространственное разрешение на местности – от единиц до десятков километров в зависимости от длины волны.

Для расчета интегрального поглощения, описанного в работах [7], используется соотношение $r_c(\lambda) = \gamma(\lambda)L$, где $\gamma(\lambda)$ – погонное ослабление радиоволн растительностью на волне λ , L – модельная высота лесного полога. Данные о высоте лесного полога получают из уже существующих баз данных поверхностей. При моделировании интегрального ослабления учитывается тип исследуемых лесов.

При моделировании и тематической обработке спутниковых данных эффективная ЯТ в пикселе или пространственной ячейке зависит от пространственного распределения (мозаичности) яркостных температур в пикселе[8]

$$T_p^{BT} = \sum_{j=1}^N f_j T_j^{BT},$$

где f_j , T_j^{BT} соответственно относительные площади и яркостные температуры j -го типа поверхности (открытой почвы, почвы с растительностью, водной поверхности и т.п.) в пикселе.

Известны результаты работ сотрудников ФИРЭ РАН, которые являются одними из ведущих исследователей в области радиофизического мониторинга в нашей стране. Проводимое ими моделирование интегрального поглощения коэффициента прохождения и яркостной температуры лесного полога выполнялось на длинах волн: 10, 15, 21, 30, 43, 50, 75, 100, 150 и 300 см с пространственным разрешением по широте и долготе $4^\circ \times 5^\circ$. В результате были получены примеры пространственного распределения интегрального поглощения, коэффициентов прохождения, ЯТ, а также ослабления радиоизлучения растительных покровов Земли в виде карт.

При глобальном моделировании модель имитирует спутниковые наблюдения, когда радиометр принимает излучение, формируемое подстилающей поверхностью и атмосферой. Наиболее сложный вид подстилающей поверхности представляют лесные зоны, которые моделируются тремя средами – почвой, лесной растительностью и атмос-

ферой. Существуют множество различных моделей лесной среды, ряд из них требует для своего функционирования до десятков параметров среды. Это значительно усложняет процесс описания лесного полога.

Использование WEB-технологий в построении ГИМС

Возможность внедрения ГИМС-технологий для широкого круга задач и с доступностью пользователей облегчается при использовании принципов WEB-технологий, которые уже тесно используются в построении глобальных информационных систем регионального и глобального типа. Основной отличительной особенностью принципов внедрения WEB-ГИМС от WEB-ГИС-технологий является проработка вопросов реализации и построения доступного для пользователей моделирующего блока. Интернет позволяет множеству пользователей получить быстрый доступ к большому объему пространственно-информационных ресурсов, как растровых, векторных, так и к параметрам других измерений.

В основу разработки активного Web-ГИМС-сервера в сети Интернет встает вопрос интеграции СУБД и Web-ГИМС-технологий на платформе PC (рис. 7). Рынок программного обеспечения (ПО) ГИС очень широк. Отметим лишь некоторые, наиболее известные в нашей стране, программные продукты – ArcView, Arc/Info компании ESRI, MapInfo (MapInfo Corp.), MGE (Intergraph), GeoDraw/GeoGraph/GeoConstructor (ЦГИ ИГ РАН, Москва), Atlas GIS (Strategic Mapping Inc.), WinGIS/WinMAP (Progis). Однако аналогов реализации ГИМС-технологии в любом ее исполнении в нашей стране нет. Существуют лишь отдельные региональные варианты построения аналогичных информационных систем в некоторых странах.

В перспективе создаваемый программно-аппаратный комплекс должен представлять собой интегрированную информационно-вычислительную среду для обработки пространственных данных (ПД) (в частности, данных дистанционного зондирования оптического и радиофизического диапазона) и данных других измерений с использова-

нием сетевых Web-ГИМС-технологий. Он включает также Web-интерфейс объектно-ориентированных ГИС-приложений и пользовательских ГИС-приложений. Для этой цели рассматривается разработка Web-сервера, интегрирующего технологии открытых систем, растровых и векторных ГИС, СУБД, ряда моделей и параметров измерений стационарных пунктов и лабораторий. Необходимо использование и адаптация современных технологий программирования объектно-ориентированных Web-ГИМС-приложений, а также модель базы пространственных данных и моделей с параметрами других измерений.

Перспективы развития и внедрения WEB-ГИМС-технологий дают возможность использования ее в широком взаимодействии большого числа пользователей и разработчиков за счет открытости принципов построения.

Зарубежные аналоги ГИМС-технологий в сети Интернет

В ходе проведенного поиска и анализа в сети Интернет положения дел мировых тенденций в области развития ГИМС-технологий был определен ряд систем, применяющих аналогичную концепцию построения.

В Принстонском университете США ведутся работы в области разработки и реализации так называемой системы FMS (Flexible Modeling System). FMS – это система, представляющая собой программное обеспечение, направленное на обеспечение эффективного экологического строительства, разработку и выполнение научных исследований атмосферных, океанических и климатических моделей.

FMS включает следующее:

- программное обеспечение (ПО) для построения и прогнозирования атмосферных, океанических и климатических моделей системы. ПО включает алгоритмы для обработки и распараллеливания данных, их ввод и вывод, обмен данными между различными уровнями модели, пошаговую временную привязки, а также простые сценарии запуска шаблонных прогнозов. Интерфейс удобен для пользователей, исключает сложности машинной специфики детальной обработки данных;

- стандартизированный интерфейс между различными компонентами моделей;

– программное обеспечение для стандартизации, координации и совершенствования диагностических расчетов FMS-моделей, а также подготовка исходных данных для таких моделей. Общепринятая предобработки и постобработки программного обеспечения выполнена в той степени, которая необходима для функционального доступа к программному обеспечению сторонних разработчиков;

– внесены компоненты моделей, которые подвергаются тщательному качественному обзору программным обеспечением и процессу усовершенствования. Разработка и первоначальное тестирование этих компонентов моделей является основным научным вопросом и не подпадает под FMS;

– стандартизированные методики контроля версий и распространения программного обеспечения и документации.



Рис. 7. Концепция использования WEB-технологий в построении ГИМС

Качественный обзор и процесс усовершенствования включают:

а) соблюдение FMS интерфейса и документации стандартов для обеспечения мобильности и совместимости,

б) понятность (четкость и последовательность документации, комментариев, интерфейса и кода),

в) общие вычислительные методы без изменения алгоритмов.

FMS содержит модуль CVS (Concurrent Versions System) – это параллельная система версий, которая представляет собой набор инструментов для управления исходными текстами для многочисленных пользователей и разработчиков, которые взаимодействуют через глобальную сеть.

CVS включает определенные особенности:

– основной исходный архив. Различные последующие версии сохранены как прогрессирующие версии относительно исходного;

– доступ управляется разрешающим файлом `unix` на основе директив. Доступ может быть далее усовершенствован подлинниками, которые запускаются всякий раз при регистрации файла. Рассматриваемый механизм используется, чтобы преобразовать в последовательную форму одновременные операции в архиве многочисленных пользователей;

– пользователи выбирают, когда синхронизироваться с архивом;

– какой-либо предшествующий режим кода может быть обновлен при использовании соответствующих указательных меток.

FMS не включает определение конфигурации моделей, параметры их настройки или выбор среди различных вариантов. Эти решения требуют научного исследования. Таким образом, разработка новых компонент моделей и самих моделей является научно проблемой, которая находится вне прямой компетенции FMS. Тем не менее, ведутся структурные изменения с тем, чтобы такие возможности были доступны в рамках FMS.

Важным направлением в развитии FMS является комплексный процесс обзора алгоритмических и программных возможностей, способствующий разработки моделей.

Ряд источников англоязычных сайтов повествуют о существовании GIMS систем (Geographic Information Management Systems) – географических информационных системах управления, используемых для управления пространственно удаленными данными. В штате Огайо Департамент природных ресурсов, отдел управления информационными технологиями ведет работы по развитию GIMS технологий, их широкому внедрению для пользователей.

Эти технологии включают географические информационные системы (ГИС), автоматизированные системы проектирования, автоматизированные и настольные системы картирования, дистанционное зондирование и системы анализа изображений, а также связанные с ними системы управления базами данных. Целью программы GIMS является предоставление информации о природных ресурсах для пользователей более действенным и эффективным образом.

Работа системы тесно связана с взаимодействием пользователей со страницами GIMS сайта Департамента природных ресурсов, содержащего информацию, связанную с цифровыми географическими данными, и программу географической информационной системы управления. Сайт состоит из следующих четырех разделов:

– поиска данных и метаданных. Этот раздел позволяет пользователю просматривать метаданные системы. Пользователи могут выполнять поиск в каталоге цифровых данных, создавать отчет по метаданным и скачивать выбранные данные. Если данные не могут быть непосредственно загружены, то метаданные осуществляют выдачу инструкций и контактов для альтернативных путей получения данных;

– ODNR (Ohio Department of Natural Resources) GIMS стандартов и принципов Интернет-публикаций. Этот раздел представляет собой Интернет-версию ODNR GIMS стандарта и основные принципы публикаций. Публикации описывают GIMS программу, которая используется департаментом, и включают в себя главы, посвященные GIMS стратегии документирования данных (метаданных), а также принципы по созданию про-

граммного обеспечения, аппаратных средств, картографии и дизайна карт;

– контакты отдела и ссылки. Данный раздел предоставляет ГИС контакты в рамках различных отделов Департамента природных ресурсов, а также ссылки на ГИС информацию на своих веб-страницах. Поскольку не всё из цифровой географической информации в рамках Департамента было добавлено в метаданные системы, то эти контакты и связи могут обеспечить дополнительный источник необходимых данных;

– GIMS FAQ (часто задаваемые вопросы). Этот раздел содержит ответы на наиболее часто задаваемые вопросы о географических информационных управляемых программах, системах метаданных и работы с сайтом.

Еще одно доказательство широкого интереса западных исследователей к реализации ГИМС-технологий прослеживается в статье журнала лесного хозяйства общества американских лесоводов за июнь 2009 г. Статья называется Tradeoffs among Ecosystem Benefits: An Analysis Framework in the Evaluation of Forest Management Alternatives (Анализ экосистемных преимуществ: Структура анализа оценки альтернатив лесоуправления) под авторством Milagros Alvarez, David B. Field.

В этой статье представлен структурный анализ для разработки и сопоставления альтернативных вариантов управления лесным хозяйством по количественной оценке, определяемой между несколькими наиболее выраженными лесными экосистемами. Впервые, описывается модель окружающей среды, которая оценивается в будущих результатах имитации в течение времени, отведенного для определения управленческих целей, анализ существующих законов и положений, а также потенциал лесных экосистем, который позволяет определить количественные значения лесных экосистем. Анализ включает обработку изображений, географические информационные системы, модели роста и урожайности и программное обеспечение на основе линейного программирования. Во-вторых, предлагается использование евклидовых расстояний в качестве инструмента поддержки принятия решений, которые позволяют анализировать социальные, экономи-

ческие и экологические величины процессов, предусмотренные в рамках каждого сценария. Исследователи обнаружили, что использование евклидовых расстояний как инструмента поддержки принятия решений представляет собой простой и гибкий способ сравнения альтернатив управления. Нормализация различных характеристик лесных экосистем, оцениваемых в каждом собственном случае отдельными специалистами, позволяет аналитикам сравнить и интегрировать их друг с другом без перевода этих значений в общую единицу измерения. Проверка такой структуры анализа была выполнена на 36000 акрах государственной территории в западной части штата Мэн.

Проведенный краткий анализ существующих тенденций в развитии глобальных информационных систем показал, что рост популярности принципов ГИМС-технологии в мире является очевидным. Исследования по поиску рациональных методов прикладного внедрения этой технологии в нашей стране должны постоянно прогрессировать. Нацеленность на получение конечного пользовательского продукта является главной задачей внедрения технологии в основы природного мониторинга.

Библиографический список

1. Бурков, В.Д. Экоинформатика: алгоритмы, методы и технологии: монография / В.Д. Бурков, В.Ф. Крапивин. – М.: МГУЛ, 2009. – 432 с.
2. Арманд, Н.А. Методы обработки данных радиофизического исследования окружающей среды / В.Ф. Крапивин, Ф.А. Мкртчян. – М.: Наука, 1987. – 270 с.
3. Крапивин, В.Ф. Исследования в области микроволнового мониторинга земных покровов / А.М. Шутко // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 2002. – № 4. – С. 44–53.
4. Савиных, В.П. Информационные технологии в системах экологического мониторинга // В.Ф. Крапивин, И.И. Потапов. – М.: ООО «Геодескартиздат», 2007. – 392 с.
5. Kondratyev, K.Ya., Global environmental change: Modeling and Monitoring. Springer, / Krapivin V.F., Phillips G.W. // Berlin, 319 pp.
6. Разработка методов космической радиолокации и радиометрии Сибири: отчет по проекту И0106. Федеральная целевая программа «Интеграция науки и высшего образования на 2002–2006 гг.»: Специальное конструкторско-технологическое

- бюро «Наука» КНЦ СО РАН; рук. В.Ф. Шабанов; исполн. В.Л. Миронов [и др.] – М., 2002. – 154 с.
7. Гранков, А.Г. О возможности спектральных измерений ослабления радиоволн лесным пологом в натуральных условиях с использованием космического радиоизлучения в дециметровом и метровом диапазонах / А.А. Мильшин, А.А. Чухланцев // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 2004. – № 1. – С. 55–59.
 8. Гранков, А.Г. Расчет интегрального поглощения в лесном покрове в СВЧ диапазоне при глобальном моделировании / А.А. Мильшин, Ф.А. Мкртчян, А.А. Чухланцев // Проблемы экоинформатики (материал 6-го международного симпозиума). – М.: ИРЭ РАН, ИПЭ РАЕН, 2004. – С. 84–87.
 9. Комаров, С.А. Микроволновое зондирование почв // С.А. Комаров, В.Л. Миронов / Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – 260 с.
 10. Якубов, В.П. Векторная структура излучения, отраженного лесным покровом Земли / В.П. Якубов, Е.Д. Тельпуховский, В.Д. Чуйков и др. // Журнал радиоэлектроники. – 2000. – № 12.
 11. Якубов, В.П. Векторное радиопросвечивание лесного полога / В.П. Якубов, Е.Д. Тельпуховский, В.Л. Миронов и др. // Журнал радиоэлектроники. – 2002. – № 1.
 12. Мильшин, А.А. Глобальная модель радиотеплового излучения земной поверхности в L- и P-участках СВЧ-диапазона / А.А. Мильшин, А.Г. Гранков, Н.К. Шелобанова // ЛП научная сессия РНТОРЭС им. А.С. Попова, 20-21 мая 1998 г., Москва, 1998 г., С. 75–76.
 13. Alvarez, M. Tradeoffs among Ecosystem Benefits : An Analysis Framework in the Evaluation of Forest Management Alternatives / M. Alvarez, D.B. Field // Journal of Forestry. – 2009. – Vol. 107, No.4. – Pp. 188-196.
 14. Geophysical Fluid Dynamics Laboratory [Электронный ресурс] : сайт разработчиков и пользователей математических и компьютерных моделей в области прогнозирования поведения атмосферы, океана и климата. – Электрон. дан. (8 файлов). – [Б. м.]. – Режим доступа: <http://www.gfdl.noaa.gov>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
 15. Ohio Department of Natural Resources (ODNR) [Электронный ресурс] : сайт департамента природных ресурсов штата Огайо. – Электрон. дан. (2 файла). – [Б. м.]. – Режим доступа: <http://www.dnr.state.oh.us>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.

РАСПОЗНАВАНИЕ СОСТОЯНИЙ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ИХ РЕЙТИНГОВЫХ ОЦЕНОК

Е.Г. КОМАРОВ, доц. каф. электроники и микропроцессорной техники МГУЛ, канд. техн. наук

komarov@mgul.ac.ru

Основная проблема при построении рейтинговых оценок объектов, как известно, состоит в том, что для оценивания состояний объектов используются разнородные характеристики, одни из которых качественные (нечисловые), а другие количественные (числовые). Многие качественные характеристики описываются с помощью вербальных шкал, элементами которых являются слова естественного языка. Это приводит к тому, что исходная информация о состояниях объектов содержит много нечетких данных. Нечеткие данные могут возникать в результате процесса искусственного размывания четких данных. Этот процесс имеет место, например, при использовании вербальных шкал для описания физических значений количественных характеристик. Например, в [1] для описания параметра «давление пара на входе» (с областью изменения [1,1, 6,7]) изделия «подогреватель высокого давления», которое

предназначается для повышения КПД турбоустановки, используется вербальная шкала с уровнями «малое давление пара», «давление, близкое к 4», «большое давление пара». Другим примером является вербальная шкала для описания вероятностей наступления события. Как известно, вероятность события выражается обычной числовой величиной и изменяется от нуля до единицы. Однако когда речь идет, например, о вероятности банкротства предприятия, то руководителя этого предприятия интересует не конкретное число, которое для него, скорее всего, мало информативно, а определение одного из вербальных уровней вероятности банкротства: «очень малая», «малая», «средняя», «высокая», «очень высокая».

Если известна область определения (универсальное множество) количественной характеристики и уровни вербальной шкалы, то эксперт разбивает эту область на непере-

секающиеся множества, которые соответствуют вербальным уровням. Однако при таком подходе есть существенный недостаток, состоящий в том, что при описании объектов с пограничными значениями показателя эксперт испытывает трудности в связи со скачкообразным переходом от одного значения к другому.

Устранить этот недостаток позволяет аппарат теории нечетких множеств. С позиции этого аппарата вербальным уровням количественной характеристики в соответствие ставятся не четкие интервалы значений, а нечеткие множества. Полученная при этом вербально-нечеткая шкала получила название *лингвистической* шкалы [2-3], применяемой для описания количественных характеристик. В результате таких построений количественная характеристика, с одной стороны, имеет физические значения, измеренные техническим прибором, и, с другой стороны, имеет лингвистические значения, измеренные экспертом. Каждое физическое значение принадлежит некоторому лингвистическому значению с определенной степенью уверенности в этом эксперта.

Будем предполагать, что оценивание качественной характеристики X осуществляется в рамках вербальной шкалы с уровнями $X_l, l=1, m, m \geq 2$, упорядоченными по возрастанию интенсивности проявления. В качестве формализаций уровней $X_l, l=1, m, m \geq 2$ будут использоваться нечеткие переменные, составляющие в совокупности полное ортогональное семантическое пространство [4].

Нечеткой переменной называется тройка

$$\{X, U, \tilde{A}\},$$

где X – название переменной;

U – область ее определения (универсальное множество);

\tilde{A} – нечеткое множество универсального множества, описывающее возможные значения нечеткой переменной.

Лингвистической переменной называется пятерка

$$\{X, T(X), U, V, S\},$$

где X – название переменной;

$T(X) = \{X_i, i=1, m\}$ – терм-множество переменной X , то есть множество тер-

мов или названий лингвистических значений переменной X (каждое из этих значений – нечеткая переменная со значениями из универсального множества U);

V – синтаксическое правило, порождающее названия значений лингвистической переменной X ;

S – семантическое правило, которое ставит в соответствие каждой нечеткой переменной с названием из $T(X)$ нечеткое подмножество универсального множества U .

Семантическим пространством называется лингвистическая переменная с фиксированным терм-множеством $\{X, T(X), U, V, S\}$.

Полным ортогональным семантическим пространством (ПОСП) называется семантическое пространство, функции принадлежности термов которого $\mu_l(x), l=1, m$ удовлетворяют следующим требованиям:

1. Для каждого понятия $X_l, l=1, m$ существует $\tilde{U}_l \neq \emptyset$, где $\tilde{U}_l = \{x \in U : \mu_l(x) = 1\}$ есть точка или отрезок.

2. Пусть $\tilde{U}_l = \{x \in U : \mu_l(x) = 1\}$, тогда $\mu_l(x), l=1, m$ не убывает слева от \tilde{U}_l и не возрастает справа от \tilde{U}_l .

3. $\mu_l(x), l=1, m$ имеют не более двух точек разрыва первого рода.

4. Для каждого

$$x \in U \sum_{l=1}^m \mu_l(x) = 1.$$

Рассмотрим данные, полученные в результате оценивания качественной характеристики X у некоторой совокупности объектов. Уровни используемой вербальной шкалы однозначно задают терм-множество ПОСП – $T(X) = \{X_1, X_2, \dots, X_m\}$. В качестве универсального множества ПОСП с названием X выбирается $U = [0, 1]$. Точка $x = 0$ соответствует полному отсутствию проявления качественной характеристики X и поэтому считается типичной точкой терма X_1 , точка $x = 1$ соответствует полному присутствию проявления качественной характеристики X и поэтому считается типичной точкой терма X_m .

В качестве нечетких чисел, формализующих термы ПОСП, предлагается использовать треугольные числа и числа T -типа (T -числа) [4]. Их функции принадлежности

будут построены таким образом, чтобы ограниченные ими и осью абсцисс площади треугольников или трапеций, равнялись $a_l, l=1, m$ (аналог геометрических вероятностей).

Обозначим $\min(a_1, a_2)$ через b_1 , $\min(a_{l-1}, a_l, a_{l+1}), l=2, m-2$ через $b_l, l=2, m-2$, а $\min(a_{m-1}, a_m)$ через b_{m-1} . Тогда

$$\mu_1(x) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq a_1 - \frac{b_1}{2} \\ 1 - \frac{x - (a_1 - \frac{b_1}{2})}{b_1}, & a_1 - \frac{b_1}{2} < x \leq a_1 + \frac{b_1}{2} \\ 0, & a_1 + \frac{b_1}{2} < x \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_l(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq \sum_{i=1}^{l-1} a_i - \frac{b_{l-1}}{2} \\ 1 + \frac{x - (\sum_{i=1}^{l-1} a_i + \frac{b_{l-1}}{2})}{b_{l-1}}, & \sum_{i=1}^{l-1} a_i - \frac{b_{l-1}}{2} < x \leq \sum_{i=1}^{l-1} a_i + \frac{b_{l-1}}{2} \\ 1, & \sum_{i=1}^{l-1} a_i + \frac{b_{l-1}}{2} < x \leq \sum_{i=1}^l a_i - \frac{b_l}{2} \\ 1 - \frac{x - (\sum_{i=1}^l a_i - \frac{b_l}{2})}{b_l}, & \sum_{i=1}^l a_i - \frac{b_l}{2} < x \leq \sum_{i=1}^l a_i + \frac{b_l}{2} \\ 0, & \sum_{i=1}^l a_i + \frac{b_l}{2} < x \leq 1 \end{cases}$$

$l = \overline{2, m-2},$

$$\mu_m(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq 1 - a_m - \frac{b_{m-1}}{2} \\ 1 + \frac{x - (1 - a_m + \frac{b_{m-1}}{2})}{b_{m-1}}, & 1 - a_m - \frac{b_{m-1}}{2} < x \leq 1 - a_m + \frac{b_{m-1}}{2} \\ 1, & 1 - a_m + \frac{b_{m-1}}{2} < x \leq 1 \end{cases}$$

Подобное представление элементов шкал, используемых для оценивания качественных характеристик объектов, позволяет привести все данные к единому виду независимо от того, какие шкалы были использованы для их оценивания.

Рассмотрим совокупность N объектов, у которых оцениваются количественные

характеристики $X_j, j=\overline{1, l}$ и интенсивности проявления качественных характеристик $X_v, v=\overline{l+1, k}$. В совокупности оцениваемые характеристики оказывают существенное влияние на характеристику Y – успешность функционирования объектов, которая оценивается в рамках выше приведенной шкалы. Области значений количественных характеристик $X_j, j=\overline{1, l}$ могут являться несчетные множества точек действительной прямой – $R_j, j=\overline{1, l}$.

Построим на $R_j, j=\overline{1, l}$ l ПОСП с названиями $X_j, j=\overline{1, l}$, термами «очень малое значение характеристики X_j », «малое значение характеристики X_j », «среднее значение характеристики X_j », «большое значение характеристики X_j », «очень большое значение характеристики X_j » и функциями принадлежности $\mu_{ij}(x), i=\overline{1, 5}, j=\overline{1, l}$.

Обозначим через $x_j^n, n=\overline{1, N}, j=\overline{1, l}$ значения характеристик $X_j, j=\overline{1, l}$ у n -го объекта, $n=\overline{1, N}$, а через $\mu_{ij}(x_j^n), i=\overline{1, 5}, j=\overline{1, l}, n=\overline{1, N}$ степени принадлежности этих значений к термам ПОСП с названием $X_j, j=\overline{1, l}$.

Пусть $X_{lv}, l=\overline{1, m_v}$ – уровни вербальных шкал, применяемых для оценивания соответственно характеристик $X_v, v=\overline{l+1, k}$. Уровни расположены в порядке возрастания интенсивности проявления этих характеристик. Построим $k-l$ ПОСП с названиями $X_v, v=\overline{l+1, k}$, терм-множествами соответственно $X_{lv}, l=\overline{1, m_v}, v=\overline{l+1, k}$ и функциями принадлежности $\mu_{lv}(x), l=\overline{1, m_v}, v=\overline{l+1, k}$. В качестве универсальных множеств ПОСП выбирается $U = [0, 1]$. Будем называть оценками объектов нечеткие числа $\tilde{X}_{lv}, l=\overline{1, m_v}, v=\overline{l+1, k}$ или их функции принадлежности $\mu_{lv}(x), l=\overline{1, m_v}, v=\overline{l+1, k}$. Обозначим через \tilde{X}_v^n и $\mu_v^n(x) \equiv (a_{v1}^n, a_{v2}^n, a_{vL}^n, a_{vR}^n), n=\overline{1, N}, v=\overline{l+1, k}$, оценку n -го объекта в рамках характеристики $X_v, v=\overline{l+1, k}$. Нечеткое число \tilde{X}_v^n с функцией принадлежности $\mu_v^n(x)$ равно одному из нечетких чисел $\tilde{X}_{lv}, l=\overline{1, m_v}, v=\overline{l+1, k}$.

Дефаззифицируем $\tilde{X}_v^n, n=\overline{1, N}, v=\overline{l+1, k}$ по методу центра тяжести и обозначим полученные числа через $x_v^n, n=\overline{1, N}, v=\overline{l+1, k}$, а степени их принадлежности к термам ПОСП с названием Y (к нечетким числам $\tilde{Y}_i, i=\overline{1, 5}$ с функциями принадлежности $\mu_i(x)$) через $\mu_i(x_v^n), n=\overline{1, N}, v=\overline{l+1, k}, i=\overline{1, 5}$.

Обозначим через $\omega_j, j=\overline{1, k}$,

$$\sum_{j=1}^k \omega_j = 1$$

весовые коэффициенты оцениваемых характеристик, а через $\delta_j, j=\overline{1, k}$ функцию, которая принимает значение 1, если рост характеристики $X_j, j=\overline{1, k}$ сопровождается ростом Y , и -1, если рост характеристики $X_j, j=\overline{1, k}$ сопровождается уменьшением Y .

Вычислим следующие коэффициенты:

$$\lambda_i^n = \frac{\sum_{j=1}^l \omega_j \delta_j \mu_{ij}(x_j^n) + \sum_{v=1}^k \omega_v \delta_v \mu_i(x_v^n)}{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j},$$

$$i=\overline{1, 5}, n=\overline{1, N}.$$

Нечеткая рейтинговая оценка n -го объекта, $n=\overline{1, N}$ в рамках характеристик $X_j, j=\overline{1, k}$ определяется в виде нечеткого числа

$$\tilde{A}_n = \lambda_1^n \otimes \tilde{Y}_1 \oplus \dots \oplus \lambda_5^n \otimes \tilde{Y}_5.$$

с функцией принадлежности

$$\mu_n(x) \equiv \left(\sum_{i=1}^5 \lambda_i^n a_{i1}, \sum_{i=1}^5 \lambda_i^n a_{i2}, \sum_{i=1}^5 \lambda_i^n a_{iL}, \sum_{i=1}^5 \lambda_i^n a_{iP} \right)$$

$$n=\overline{1, N}$$

где

$$\tilde{Y}_i \equiv (a_{i1}, a_{i2}, a_{iL}, a_{iR}), i=\overline{1, 5}$$

Определим доверительный интервал для четкой рейтинговой оценки y_n . При уровне доверия $\mu_n(y_n) \geq \alpha, 0 < \alpha < 1$ рейтинговая оценка y_n n -го объекта, $n=\overline{1, N}$ лежит в интервале

$$\sum_{i=1}^5 \lambda_i^n a_{i1} - (1-\alpha) \sum_{i=1}^5 \lambda_i^n a_{iL} \leq$$

$$\leq y_n \leq \sum_{i=1}^5 \lambda_i^n a_{i2} + (1-\alpha) \sum_{i=1}^5 \lambda_i^n a_{iR}.$$

Дефазифицируем нечеткое число $\tilde{A}_n, n=\overline{1, N}$, по методу центра тяжести, полученное четкое число обозначим через $A_n, n=\overline{1, N}$.

Для распознавания успешности функционирования объектов необходимо идентифицировать нечеткое число с функцией при-

надлежности $\mu_n(x), n=\overline{1, N}$ с одним из термов ПОСП с названием Y (с одним из нечетких чисел $\tilde{Y}_i, i=\overline{1, 5}$ с функциями принадлежности $\mu_i(x), i=\overline{1, 5}$). Для этого вычислим идентификационные показатели

$$\beta_n^i = \frac{\int_0^1 \min(\mu_i(x), \mu_n(x)) dx}{\int_0^1 \max(\mu_i(x), \mu_n(x)) dx}, i=\overline{1, 5}, n=\overline{1, N}.$$

Если $\beta_n^p = \max \beta_n^i$, то состояние n -го объекта определяется p -м уровнем шкалы $Y_1 =$ «предельно неуспешно», $Y_2 =$ «неуспешно», $Y_3 =$ «средне успешно», $Y_4 =$ «относительно успешно», $Y_5 =$ «предельно успешно», $p=\overline{1, 5}$.

Обозначим соответственно через A_n^1, A_n^2 рейтинговые оценки n -го объекта за периоды 1 и 2. В зависимости от соотношений между A_n^1, A_n^2 делаются следующие выводы: если $A_n^1 > A_n^2$, то состояние n -го объекта ухудшилось; если $A_n^1 < A_n^2$, то состояние n -го объекта улучшилось; если $A_n^1 = A_n^2$, то состояние n -го объекта не изменилось.

Библиографический список

1. Малышев, Н.Г. Нечеткие модели для экспертных систем в САПР / Н.Г. Малышев, Л.С. Берштейн, А.В. Боженок. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 136 с.
2. Домрачев, В.Г. Определение оптимального множества значений лингвистических шкал для экспертного оценивания качества программных средств / В.Г. Домрачев, О.М. Полещук, И.В. Ретинская // Телематика – 2003. Труды Всероссийской научно-методической конференции. – С-Пб., 2003. – Т. 1. – С. 255–257.
3. Рыжов, А.П. Степень нечеткости лингвистической шкалы и ее свойства // Нечеткие системы поддержки принятия решений / А.П. Рыжов; под ред. А.Н. Аверкина и др. – Калинин.: Изд-во Калининского госуниверситета, 1988. – С. 82–92.
4. Полещук, О.М. Методы представления экспертной информации в виде совокупности термножеств полных ортогональных семантических пространств / О.М. Полещук // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2002. – № 5(25). – С. 198–216.
5. Домрачев, В.Г. О построении регрессионной модели при нечетких исходных данных / В.Г. Домрачев, О.М. Полещук // Автоматика и телемеханика. – 2003. – № 11. – С. 74–83.

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМ ЭТАЛОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Е.Г. КОМАРОВ, доц. каф. электроники и микропроцессорной техники МГУЛ, канд. техн. наук

komarov@mgu.ac.ru

При сравнительном многокритериальном анализе информации образовательного процесса существенную сложность вызывает отсутствие систем эталонных характеристик. Особенно это ощутимо при определении рейтинговых оценок студентов и прогнозе успешности их профессиональной деятельности. Определяя рейтинговые оценки студентов и принимая на их основе управленческие решения, вузы, как правило, поступают по принципу – чем выше (или соответственно ниже) значения характеристик, тем больше рейтинговая оценка студента и соответственно его рейтинг. Однако к традиционному подходу в определении рейтинговых оценок хотелось бы добавить подход, позволяющий дифференцированно подходить к рейтинговому оцениванию студентов, учитывая специфику выбранной специальности и направление их будущей профессиональной деятельности. Существенным продвижением в этом направлении было бы построение модели эталонного образа специалиста в виде системы эталонных характеристик студентов [1–4].

Построение модели следует начинать с выявления существенных характеристик (на различных этапах обучения), оказывающих влияние на успешность профессиональной деятельности студентов. Для осуществления этой цели разработана модель, которая позволяет осуществлять альтернативный выбор аппарата обработки данных в зависимости от степени порождаемой этим аппаратом нечеткости [5].

Рассмотрим N студентов, у которых оцениваются характеристики $X_j, j = \overline{1, m}$, оказывающие существенное влияние на успешность их будущей профессиональной деятельности – Y .

Пусть $X_{lj}, l = \overline{1, m_j}$ – уровни вербальных шкал, применяемых для оценивания соответственно характеристик $X_j, j = \overline{1, m}$, а $Y_l, l = \overline{1, k}$ – уровни вербальной шкалы, при-

меняемой для оценивания характеристики Y . Уровни расположены в порядке возрастания интенсивности проявления этих характеристик.

Обозначим через $a_l^j, l = \overline{1, m_j}, j = \overline{1, m}$ – относительные числа студентов рассматриваемой совокупности, отнесенных при оценивании характеристики $X_j, j = \overline{1, m}$ к уровню $X_{lj}, l = \overline{1, m_j}, j = \overline{1, m}$,

$$\sum_{l=1}^{m_j} a_l^j = 1, j = \overline{1, m}.$$

Опираясь на эти данные и метод [6], построим m лингвистических переменных с названиями $X_j, j = \overline{1, m}$ и терм-множествами $X_{lj}, l = \overline{1, m_j}, j = \overline{1, m}$. Обозначим через $\mu_{lj}(x)$ функцию принадлежности нечеткого числа \tilde{X}_{lj} , соответствующего l -му терм-множеству j -й лингвистической переменной, $l = \overline{1, m_j}, j = \overline{1, m}$. Будем называть оценками студентов нечеткие числа $\tilde{X}_{lj}, l = \overline{1, m_j}, j = \overline{1, m}$ или их функции принадлежности $\mu_{lj}(x), l = \overline{1, m_j}, j = \overline{1, m}$. Обозначим через \tilde{X}_j^n и $\mu_j^n(x) \equiv (a_{j1}^n, a_{j2}^n, a_{jL}^n, a_{jR}^n)$, $n = \overline{1, N}, j = \overline{1, m}$, оценку n -го студента в рамках характеристики X_j . Нечеткое число \tilde{X}_j^n с функцией принадлежности $\mu_j^n(x)$ равно одному из нечетких чисел $\tilde{X}_{lj}, l = \overline{1, m_j}, j = \overline{1, m}$.

Обозначим через $a_l, l = \overline{1, k}$ относительные числа выпускников (у которых в студенческие годы оценивались характеристики $X_j, j = \overline{1, m}$, о которых речь шла выше), отнесенных при оценивании успешности профессиональной деятельности к уровню $Y_l, l = \overline{1, k}$.

Опираясь на эти данные и метод [6], построим лингвистическую переменную с названием Y (успешность профессиональной деятельности) и терм-множеством $Y_l, l = \overline{1, k}$. Обозначим через $\mu_l(x)$ функцию принадлежности нечеткого числа \tilde{Y}_l , соответствующего терму $Y_l, l = \overline{1, k}$. Будем называть оценками выпускников нечеткие числа $\tilde{Y}_l, l = \overline{1, k}$ или их функции принадлежности $\mu_l(x), l = \overline{1, k}$.

Среди N выпускников выделяем те, которые получили от экспертов высшие оценки успешности их профессиональной деятельности или оценки $\{\mu_k(x) \equiv (y_{k1}, y_{k2}, y_{kL}, y_{kR})\}$. Не ограничивая общности, будем считать, что это выпускники с номерами $i = \overline{1, M}$ и функциями принадлежности значений характеристик $X_j, j = \overline{1, k} - \{\mu_j^i(x) \equiv (a_{j1}^i, a_{j2}^i, a_{jL}^i, a_{jR}^i)\}, i = \overline{1, M}, j = \overline{1, m}$.

Будем определять эталонный образ специалиста (или эталонный образ успешного специалиста) в виде совокупности нечетких чисел (или их функций принадлежности), соответствующих проявлению характеристик $X_j, j = \overline{1, m}$, то есть

$$\{\mu_j(x) \equiv (x_{j1}, x_{j2}, x_{jL}, x_{jR})\}, j = \overline{1, m}.$$

Эти нечеткие числа после построения будут распознаны в рамках уровней вербальных шкал $X_{lj}, l = \overline{1, m_j}$, применяемых для оценивания соответственно характеристик $X_j, j = \overline{1, m}$. Например, если без ограничения общности логичность мышления оценивается в рамках шкалы «очень высокая», «достаточно высокая», «средняя», «низкая», «очень низкая», а знания по предмету «Случайные процессы» в рамках шкалы «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично», то, распознавая нечеткие числа по этим характеристикам в эталонном образе, мы можем, например, получить – логичность мышления достаточно высокая, знания по предмету «Случайные процессы» хорошие.

Таким образом, эталонный образ специалиста может быть представлен в двух видах – формализованном, то есть в виде совокупности нечетких чисел и в более естественном и понятном, как студентам, так и всем лицам, в том числе принимающим решения, но при этом не занимающимся (и не являющимися специалистами в области обработки информации) столь детальной обработкой информации.

Рассмотрим линейную комбинированную регрессионную модель, разработанную в [7] $\tilde{Y} = \tilde{a}_0 + \tilde{a}_1 \tilde{X}_1 + \dots + \tilde{a}_m \tilde{X}_m$.

Будем считать входные и выходные данные нечеткими T -числами. Обозначим через $[A_{j1}^i, A_{j2}^i], i = \overline{1, M}, j = \overline{1, m}$ взвешенные отрезки нечетких чисел с функциями принадлежности $\{\mu_j^i(x) \equiv (a_{j1}^i, a_{j2}^i, a_{jL}^i, a_{jR}^i)\}, i = \overline{1, M}, j = \overline{1, m}$ [8]. Тогда получим

$$A_{j1}^i = a_{j1}^i - \frac{1}{6} a_{jL}^i, A_{j2}^i = a_{j2}^i + \frac{1}{6} a_{jR}^i, \\ i = \overline{1, M}, j = \overline{1, m}.$$

Обозначим через $[B_{j1}, B_{j2}], j = \overline{1, m}$ взвешенные отрезки нечетких чисел с функциями принадлежности $\{\mu_j(x) \equiv (x_{j1}, x_{j2}, x_{jL}, x_{jR})\}, j = \overline{1, m}$. Тогда получим

$$B_{j1} = x_{j1} - \frac{1}{6} x_{jL}, B_{j2} = x_{j2} + \frac{1}{6} x_{jR}, j = \overline{1, m}.$$

Обозначим через $[C_1, C_2]$ взвешенный отрезок нечеткого числа с функцией принадлежности $\{\mu_k(x) \equiv (y_{k1}, y_{k2}, y_{kL}, y_{kR})\}$, а через $[D_1, D_2]$ взвешенный отрезок нечеткого числа, которое получается подстановкой нечетких чисел с функциями принадлежности $\{\mu_j(x) \equiv (x_{j1}, x_{j2}, x_{jL}, x_{jR})\}, j = \overline{1, m}$ в линейную регрессионную модель, разработанную в [7].

$$D_1 = b^0 - \frac{1}{6} b_L^0 + \sum_{j=1}^m \theta_{\tilde{a}_j, \tilde{X}_j}^1 (b^j, b_L^j, b_R^j),$$

Если $\tilde{a}_j \equiv (b^j, b_L^j, b_R^j), j = \overline{1, m}$ неотрицательное нечеткое число ($b^j + b_R^j \geq 0$), то

$$\theta_{\tilde{a}_j, \tilde{X}_j}^1 (b^j, b_L^j, b_R^j) = \\ = b^j \left(x_1^{j1} - \frac{1}{6} x_L^{j1} \right) - b_L^j \left(\frac{1}{6} x_1^{j1} - \frac{5}{12} x_L^{j1} \right).$$

Если $\tilde{a}_j \equiv (b^j, b_L^j, b_R^j), j = \overline{1, m}$ отрицательное нечеткое число ($b^j + b_R^j < 0$), то

$$\theta_{\tilde{a}_j, \tilde{X}_j}^1 (b^j, b_L^j, b_R^j) = \\ = b^j \left(x_2^{j1} + \frac{1}{6} x_R^{j1} \right) - b_L^j \left(\frac{1}{6} x_2^{j1} + \frac{5}{12} x_R^{j1} \right).$$

$$D_2 = b^0 + \frac{1}{6} b_R^0 + \sum_{j=1}^m \theta_{\tilde{a}_j, \tilde{X}_j}^2 (b^j, b_L^j, b_R^j),$$

Если $\tilde{a}_j \equiv (b^j, b_L^j, b_R^j), j = \overline{1, m}$ неотрицательное нечеткое число ($b^j + b_R^j \geq 0$), то

$$\theta_{\tilde{a}_j, \tilde{X}_j}^2 (b^j, b_L^j, b_R^j) = \\ = b^j \left(x_2^{j1} + \frac{1}{6} x_R^{j1} \right) + b_R^j \left(\frac{1}{6} x_2^{j1} + \frac{5}{12} x_R^{j1} \right).$$

Если $\tilde{a}_j \equiv (b^j, b_L^j, b_R^j), j = \overline{1, m}$ отрицательное нечеткое число ($b^j + b_R^j < 0$), то

$$\theta_{\tilde{a}_j, \tilde{X}_j}^2 (b^j, b_L^j, b_R^j) = \\ = b^j \left(x_1^{j1} - \frac{1}{6} x_L^{j1} \right) + b_R^j \left(\frac{1}{6} x_1^{j1} - \frac{5}{12} x_L^{j1} \right).$$

Обозначим $(C_1 - D_1)^2 + (C_2 - D_2)^2$ через ρ_1^2 ,

$$\text{а } \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^m [(A_{j1}^i - B_{j1})^2 + (A_{j2}^i - B_{j2})^2] \text{ через } \rho_2^2.$$

Неизвестные параметры функций принадлежности $\{\mu_j(x) \equiv (x_{j1}, x_{j2}, x_{jL}, x_{jR})\}$, $j = \overline{1, m}$, эталонного образа находятся из решения оптимизационной задачи

$$\rho_1^2 + \rho_2^2 \rightarrow \min,$$

при условиях:

$$x_{j1} - x_{jL} \geq 0, x_{j2} - x_{jR} \leq 1, x_{jL} \geq 0, x_{jR} \geq 0, j = \overline{1, m}.$$

Найденный эталонный образ специалиста – $\{\mu_j(x) \equiv (x_{j1}, x_{j2}, x_{jL}, x_{jR})\}$, $j = \overline{1, m}$ является совокупностью формализованных представлений характеристик, то есть совокупностью нечетких чисел, и подобное его представление хорошо понятно специалистам в области обработки информации (в том числе и нечеткой). Однако хотелось бы, чтобы этот образ был понятен как студентам, так и лицам, которые принимают решения, но не занимаются обработкой информации. Для этой цели мы идентифицируем полученные нечеткие числа с функциями принадлежности $\{\mu_j(x) \equiv (x_{j1}, x_{j2}, x_{jL}, x_{jR})\}$, $j = \overline{1, m}$ с соответствующими нечеткими числами $\overline{X_{lj}}$ с функциями принадлежности $\mu_{lj}(x)$, $l = \overline{1, m_j}$, $j = \overline{1, m}$. Эти числа являются формализациями лингвистических значений шкал, которые используются для оценивания у студентов характеристик X_j , $j = \overline{1, m}$.

Взвешенные отрезки нечетких чисел с функциями принадлежности $\{\mu_j(x) \equiv (x_{j1}, x_{j2}, x_{jL}, x_{jR})\}$, $j = \overline{1, m}$ и обозначим через $[B_{j1}, B_{j2}]$, $j = \overline{1, m}$. Обозначим через $[Q'_{j1}, Q'_{j2}]$, $l = \overline{1, m_j}$, $j = \overline{1, m}$ взвешенные отрезки нечетких чисел $\overline{X_{lj}}$ с функциями принадлежности $\mu_{lj}(x)$, $l = \overline{1, m_j}$, $j = \overline{1, m}$.

Пусть $f^2(\mu_j(x), \mu_{lj}(x)) = (Q'_{j1} - B_{j1})^2 + (Q'_{j2} - B_{j2})^2$, $l = \overline{1, m_j}$, $j = \overline{1, m}$.

Нечеткое число с функцией принадлежности $\{\mu_j(x) \equiv (x_{j1}, x_{j2}, x_{jL}, x_{jR})\}$ идентифицируется с лингвистическим значением X_{sj} характеристики X_j , если $f^2(\mu_j(x), \mu_{sj}(x)) = \min_l f^2(\mu_j(x), \mu_{lj}(x))$, $l = \overline{1, m_j}$.

Заключение

В работе предлагается подход к определению систем эталонных характеристик при сравнительном анализе информации образовательного процесса. Этот подход опирается на аппарат теории вероятностей и теории нечетких множеств и является новым. Новизна этого подхода определяется тем, что

автор сумел объединить две теории, которые традиционно рассматривались как конкурирующие и не связанные между собой. Тем не менее, обе теории имеют ряд неоспоримых преимуществ, объединяя которые мы существенно улучшаем качество моделей и их адекватность действительности. Как показывают теоретические и практические исследования, предложенный в статье подход на примере построения модели эталонного специалиста является достаточно успешным и перспективным.

Библиографический список

1. Домрачев, В.Г. Распознавание состояний объектов на основе нечетких рейтинговых оценок / В.Г. Домрачев, Е.Г. Комаров, О.М. Полещук // Качество, инновации, образование и CALS-технологии. Материалы международного симпозиума. – М.: Фонд «Качество», 2007. – С. 28–31.
2. Домрачев, В.Г. Построение рейтинговых оценок при нечеткой исходной информации / В.Г. Домрачев, Е.Г. Комаров, О.М. Полещук и др. // ИТ – Инновации в образовании. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Петрозаводск, 2005. – С. 84–86.
3. Комаров, Е.Г. Определение рейтинговых оценок абитуриентов при нечеткой исходной информации / Е.Г. Комаров, О.М. Полещук, Н.Г. Поярков // КБД –Инфо – 2005. Материалы научно-практической конференции. – Сочи, 2005. – С. 221–224.
4. Комаров, Е.Г. Определение рейтинговых оценок объектов при нечеткой исходной информации / Е.Г. Комаров, О.М. Полещук // КБД –Инфо – 2007. Материалы научно-практической конференции. – Сочи, 2007. – С. 163–166.
5. Комаров, Е.Г. Модели обработки информации образовательного процесса на основе методов теории нечетких множеств / Е.Г. Комаров, И.А. Полещук, Н.Г. Поярков // Телекоммуникации и информатизация образования. – 2006. – № 2. – С. 69–80.
6. O.Poleshchuk, E.Komarov The determination of students' fuzzy rating points and qualification levels // Proceedings of the 1st International Fuzzy Systems Symposium – FUZZYSS'09 – Ankara, Turkey, 2009, P. 218-224.
7. O. M. Poleshuk, E. G. Komarov Multiple hybrid regression for fuzzy observed data // Proceedings of the 27th International Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society. – NAFIPS'2008, – New York, New York, May 19-22, 2008.
8. 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.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ КОМПОНОВКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ

В.А. ДОРОШЕНКО, проф. каф. управления автоматизированными производствами лесопромышленного комплекса МГУЛ, д-р техн. наук,

Л.В. ДРУК, доц. каф. управления автоматизированными производствами лесопромышленного комплекса МГУЛ, канд. техн. наук

druk@mgul.ac.ru

Процесс первичной обработки древесного сырья как объект компоновки технологической структуры представлен на рис. 1, где: О1 – установки для поштучной очистки деревьев от сучьев; О2 – установки для групповой очистки деревьев от сучьев; СХ1 – установки для сортировки хлыстов; Р1 – раскряжевочные установки с поштучной раскряжкой и продольным перемещением хлыстов; Р2 – раскряжевочные установки с поштучной раскряжкой, поперечным перемещением хлыстов и программным раскромом (триммеры); Р3 – раскряжевочные установки с поштучной раскряжкой, поперечным перемещением хлыстов и обезличенным раскромом (слешеры); Р4 – раскряжевочные установки для групповой раскряжки хлыстов; З1 – установки для зачистки сучьев и частичной окорки с продольным перемещением круглых лесоматериалов; З2 – установки для зачистки сучьев и частичной окорки с поперечным перемещением; С1 – установки для сортировки круглых лесоматериалов с продольным перемещением по одному сортименту в ряд; С2 – установки для сортировки круглых лесоматериалов с поперечным перемещением по одному сортименту в ряд; С3 – установки для сортировки круглых лесоматериалов с поперечным перемещением в один ряд всех сортиментов (щетью); И1 – установки для переработки сучьев в щепу с производительностью порядка 40 м³/смену; И2 – установки для переработки сучьев в щепу с производительностью порядка 100 м³/смену; В1 – стационарные башенные краны; В2 – козловые краны; В3 – консольно-козловые краны; В4 – мостовые краны; В5 – колесные разгрузчики; Ш1 – консольно-козловые краны с пролетом 32 м; Ш2 – консольно-козловые краны с пролетом 50 м; Ш3 – башенные краны с выле-

том стрелы 40 м; Ш5 – автопогрузчики; С32 – стационарные башенные краны; С33 – консольно-козловые краны; С34 – мостовые краны; С35 – колесные разгрузчики. Технологические потоки на базе системы машин: 1 НС – система на базе раскряжевочных установок с продольным перемещением (Р1); 2 НС – система на базе раскряжевочных установок с поперечным перемещением хлыстов (Р2, Р3); НС_к – система на базе раскряжевочных установок с продольным (Р1) перемещением хлыстов и установок с поперечным перемещением хлыстов (Р2, Р3), т.е. комбинированная система.

Для перевода исходного древесного сырья из начального состояния в конечное состояние лесопродукции выполняются основные технологические операции $T_{\text{оп}} = \{t_o, t_{\text{сх1}}, t_p, t_z, t_c, t_{\text{и}}\}$ и вспомогательные $T_{\text{вс}} = \{t_b, t_{\text{ш}}, t_{\text{с3}}\}$. Для выполнения основных и вспомогательных операций используется основное технологическое оборудование, производительность которого зависит от объема древесного сырья, $TO_{\text{вх}} = \{O1, O2, СХ1, Р1, Р2, Р3, З1, З2, С1, С2, С3, И1, И2\}$ и вспомогательное технологическое оборудование, производительность которого зависит от запаса древесного сырья в зоне его действия $TO_{\text{е}} = \{T_{\text{в1}} - T_{\text{в5}}, T_{\text{ш1}} - T_{\text{ш5}}, T_{\text{с31}} - T_{\text{с35}}\}$. В целом технологическую структуру первичной обработки древесного сырья можно представить в виде множества [1, 2, 3] $T_{\text{ст}} = \{T_{\text{оп}}, TO_{\text{вх}}, TO_{\text{е}}, \Psi, R\}$, где Ψ – составляющая, обеспечивающая определенные соответствия между множеством технологического оборудования и множеством технологических операций; R – составляющая, обеспечивающая определение порядка технологического оборудования в технологическом процессе.

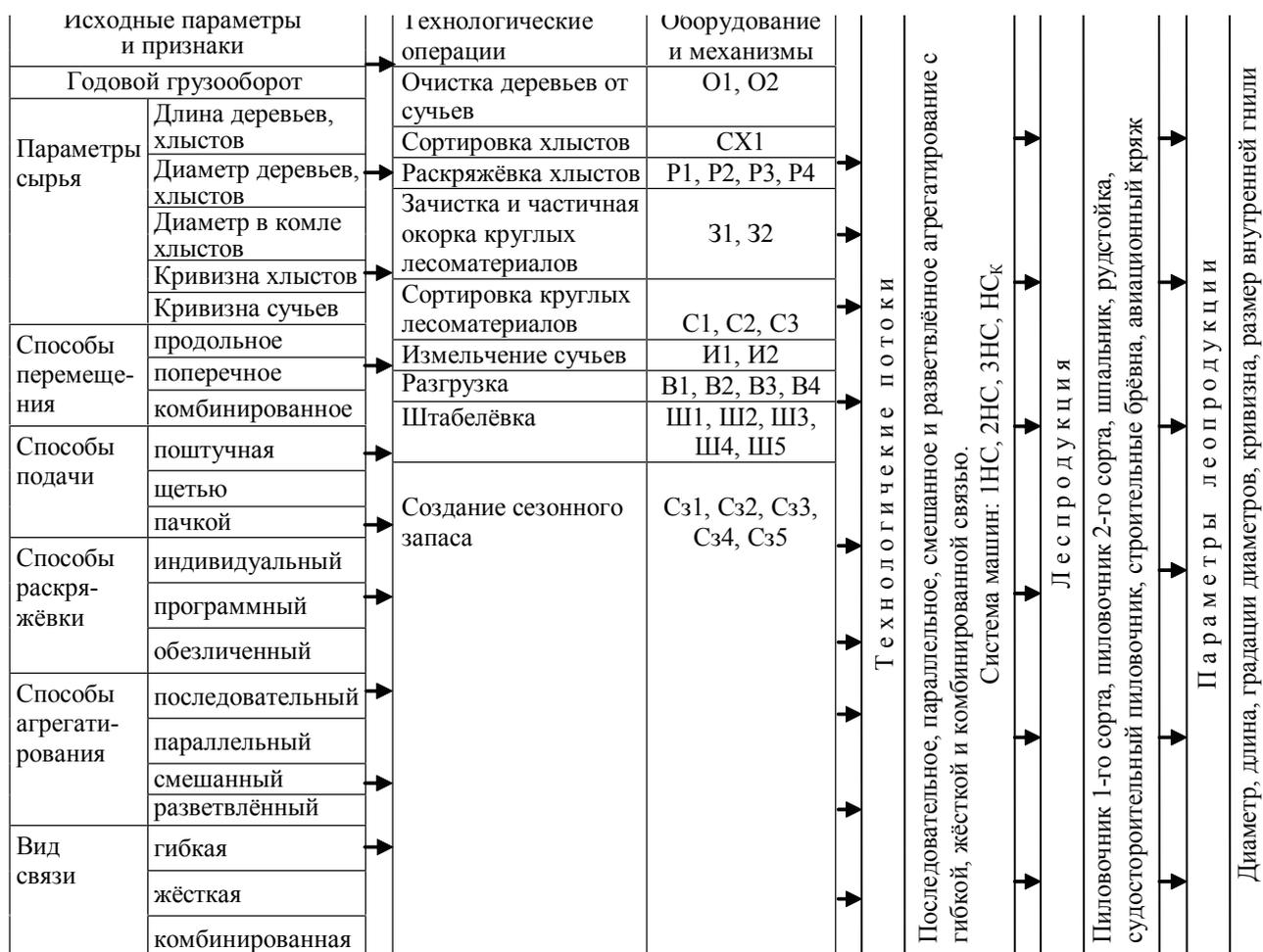


Рис. 1. Процесс обработки древесного сырья как объект компоновки технологической структуры лесопромышленных предприятий

Множество размерно-качественных параметров исходного древесного сырья и лесопроизводства, технологического оборудования, параметров и значений параметров технологического оборудования, видов связи между технологическим оборудованием, уровней лесопромышленных предприятий с различным годовым грузооборотом определяет многовариантность компоновки технологических структур и структур лесопромышленных предприятий в целом. При этом каждый вариант компоновки имеет различные технико-экономические показатели, показатель сложности, избыточности и показатель использования исходного древесного сырья [1, 2, 3]. Повышение эффективности обработки древесного сырья возможно на основе рациональных компоновок технологического оборудования с широким применением методов автоматизированного синтеза и компьютерной поддержки принятия решений при выборе вариантов компоновки.

Для этого необходимо формализованное описание компоновки технологической структуры в виде оптимального соответствия между вышеуказанными множествами. В работе предложено математическое описание компоновки технологической структуры в виде графов и их матричного представления для дальнейших вычислительных процедур. Описание отношения между элементами модели технологической структуры, между множеством технологических операций, технологического оборудования и соответствующего множества значений параметров, начиная с состояния исходного древесного сырья и до получения требуемых значений параметров лесопроизводства, представлено в виде ориентированного графа размерных связей (рис. 2), в котором вершины $X_1 - X_{17}$ соответствуют значениям параметров, ребра $Y_1 - Y_{41}$ – технологическому оборудованию, уровни $t_o, t_{cx1}, t_p, t_3, t_c, t_n$ – технологическим операциям.

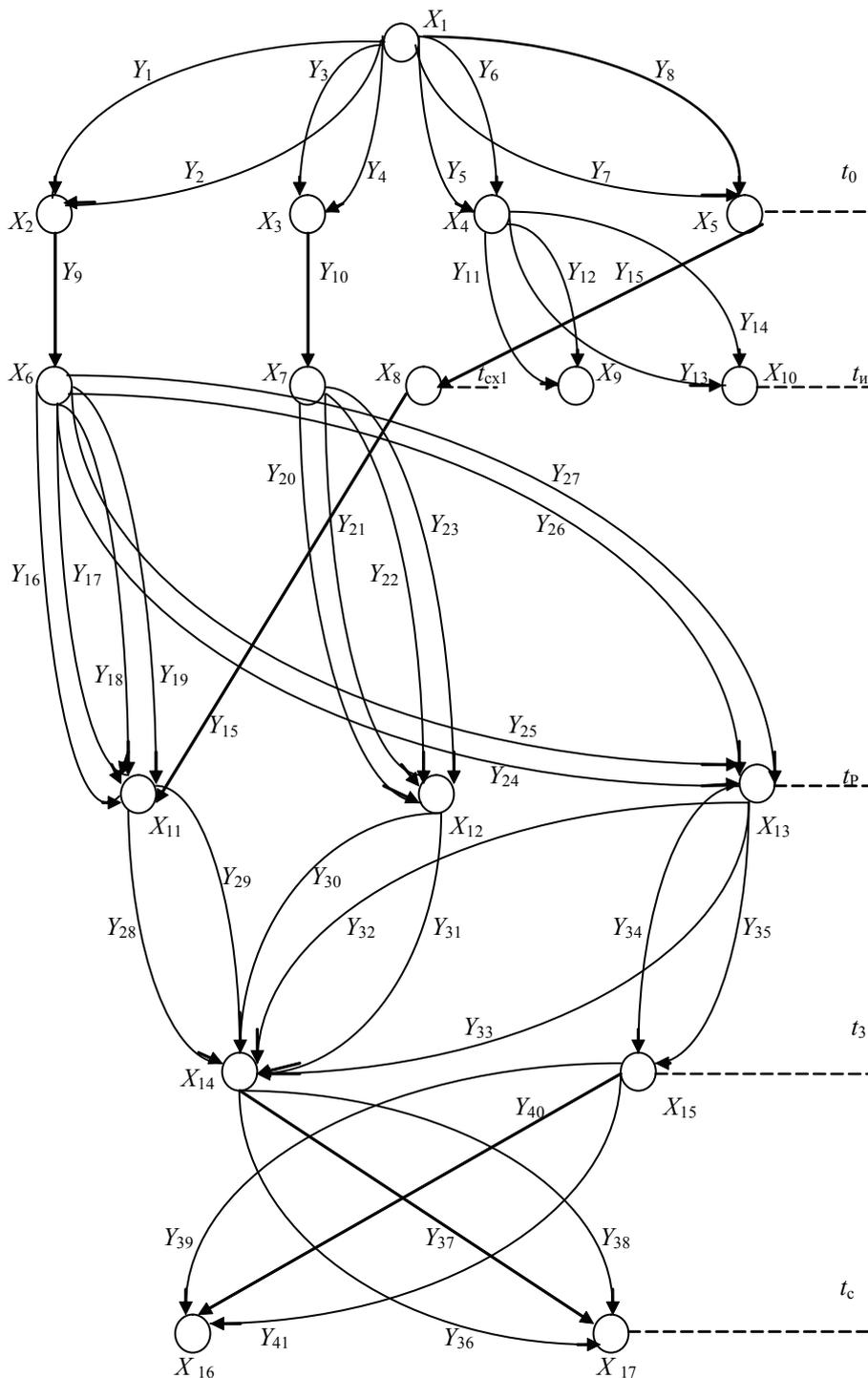


Рис. 2. Граф размерных связей при выполнении технологических операций обработки древесного сырья

При этом X_1 – значение параметров исходного древесного сырья; $X_2 - X_5$ – значения параметров хлыстов (деревьев) после выполнения операции очистки (t_0): длина, диаметр, диаметр сучьев, кривизна; $X_6 - X_8$ – значения параметров хлыстов после выполнения операции сортировки хлыстов (t_{cxl}): длина, диаметр в комле, кривизна; X_9, X_{10} – значения параметров сучьев для из-

мельчения, полученных в результате очистки деревьев от сучьев: длина, диаметр; $X_{11} - X_{13}$ – значения параметров в процессе раскрывки хлыстов (t_p): длина, срединный диаметр хлыстов, длина выпиливаемых сортиментов; X_{14}, X_{15} – значения параметров круглого лесоматериала в процессе зачистки и частичной окорки (t_3): длина, диаметр; X_{16}, X_{17} – значения параметров сортиментов в

процессе сортировки (t_c): длина, диаметр; Y_1, Y_3, Y_5, Y_7 – установки для поштучной очистки деревьев от сучьев типа О1; Y_2, Y_4, Y_6, Y_8 – установки для групповой очистки деревьев от сучьев типа О2; Y_9, Y_{10}, Y_{15} – установки для сортировки хлыстов типа СХ1; Y_{11}, Y_{13} – установки для переработки сучьев типа И1; Y_{12}, Y_{14} – установки для переработки сучьев типа И2; Y_{16}, Y_{20}, Y_{24} – раскряжевочные установки типа Р1; Y_{17}, Y_{21}, Y_{25} – раскряжевочные установки типа Р2; Y_{18}, Y_{22}, Y_{26} – раскряжевочные установки типа Р3; Y_{19}, Y_{23}, Y_{27} – раскряжевочные установки типа Р4; Y_{28}, Y_{30}, Y_{34} – установки для зачистки сучьев и частичной окорки типа З1; Y_{29}, Y_{31}, Y_{35} – установки для зачистки сучьев и частичной окорки типа З2; Y_{36}, Y_{39} – установки для сортировки круглых лесоматериалов типа С1; Y_{37}, Y_{40} – установки для сортировки круглых лесоматериалов типа С2; Y_{38}, Y_{41} – установки для сортировки круглых лесоматериалов типа С1;

Граф, сохраняя свою наглядность и содержательность отображаемого объекта, позволяет строить формальные алгоритмы преобразований и при использовании своих матричных эквивалентов, в виде матрицы смежности, матрицы инцидентности, в виде композиции матриц инцидентности гиперграфов, легко обрабатывается с помощью компьютерных технологий.

Матричное задание графа размерных связей (рис. 2) можно выполнить в виде матрицы смежности $R = \|r_{ij}\|_{n \times n}$, элементы которой образуются по правилу [3]

$$r_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ если вершина } X_i \text{ соединена} \\ \text{с вершиной } X_j \text{ ребром} \\ 0, \text{ в противном случае} \end{cases}$$

Строки и столбцы матрицы соответствуют вершинам графа (значениям параметров), n – число вершин графа. Для мультиграфа

$$r_{ij} = \begin{cases} g, \text{ если вершина } X_i \text{ соединена} \\ \text{с вершиной } X_j \text{ } g \text{ ребрами} \\ 0, \text{ в противном случае} \end{cases}$$

Задание графа размерных связей в виде матрицы инцидентности $I = \|i_{kl}\|_{n \times m}$, образуется по правилу [3]

$$i_{kl} = \begin{cases} 1, \text{ если вершина } X_i \text{ инцидентна} \\ \text{ребру } Y_l \\ 0, \text{ в противном случае} \end{cases}$$

Строки матрицы (i) соответствуют вершинам графа, столбцы (l) – ребрам, n – число вершин, m – число ребер.

Основное достоинство матриц смежности и инцидентности – простота и формальность преобразований над графами. Основной недостаток – большое число элементов матриц. В данном случае число элементов для матрицы смежности равно 289, для матрицы инцидентности – 697. Для уменьшения числа элементов и упрощения вычислительной процедуры предложено использовать композицию гиперграфов и соответствующие им матрицы инцидентности гиперграфов. Исходный гиперграф компоновки структуры первичной обработки древесного сырья представлен на рис. 3, где X_1 – технологическая структура первичной обработки древесного сырья, $X_2 \rightarrow \text{ТО}_{Vx}$; $X_3 \rightarrow \text{ТО}_{Ez}$; $X_4 - X_7$ – поточные линии соответственно последовательного, параллельного, смешанного и разветвленного агрегатирования – $L = \{L_{ПА}, L_{ПРА}, L_{СА}, L_{РА}\}$; $X_8 \rightarrow 1\text{НС}$; $X_9 \rightarrow 2\text{НС}$; $X_{10} \rightarrow 3\text{НС}$; $X_{11} \rightarrow \text{НС}_K$; $X_{13} \rightarrow \{01, 02\}$; $X_{14} \rightarrow \text{СХ1}$; $X_{15} \rightarrow \{\text{Р1} - \text{Р4}\}$; $X_{16} \rightarrow \{31 - 32\}$; $X_{17} \rightarrow \{C_1, C_2, C_3\}$; $X_{18} \rightarrow \{\text{И1}, \text{И2}\}$; $X_{19} \rightarrow \text{БМ}$; $X_{12} \rightarrow \{B, Ш, C_3\}$; $X_{20} \rightarrow \{B_1 - B_5\}$; $X_{21} \rightarrow \{Ш - Ш_5\}$; $X_{22} \rightarrow \{C_3 - C_5\}$; X_{12}^1 – фиктивная вершина для связи между уровнями; $Y_1 - Y_{55}$ – пути возможной компоновки технологической структуры; $K_1 - K_5$ – уровни гиперграфа. Для перехода к матричному описанию необходимо исходный гиперграф представить в виде композиции гиперграфов, отражающих связь между уровнями исходного графа – $\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_{K-1}$, где K – число уровней. Гиперграфы уровней для данного случая можно записать

$$\begin{aligned} \Gamma_1 &= \{K_1, K_2\}, K_1 = \{X_1\}, K_2 = \{X_2, X_3\}; \\ \Gamma_2 &= \{K_2, K_3\}, K_2 = \{X_2, X_3\}, \\ &K_3 = \{X_4, X_5, X_6, X_7, X_{12}^1\}; \\ \Gamma_3 &= \{K_3, K_4\}, K_3 = \{X_4, X_5, X_6, X_7, X_{12}^1\}, \\ &K_4 = \{X_8, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}\}; \\ \Gamma_4 &= \{K_4, K_5\}, K_4 = \{X_8, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}\}, \\ &K_5 = \{X_{13}, X_{14}, X_{15}, X_{16}, \\ &X_{17}, X_{18}, X_{19}, X_{20}, X_{21}, X_{22}\}. \end{aligned}$$

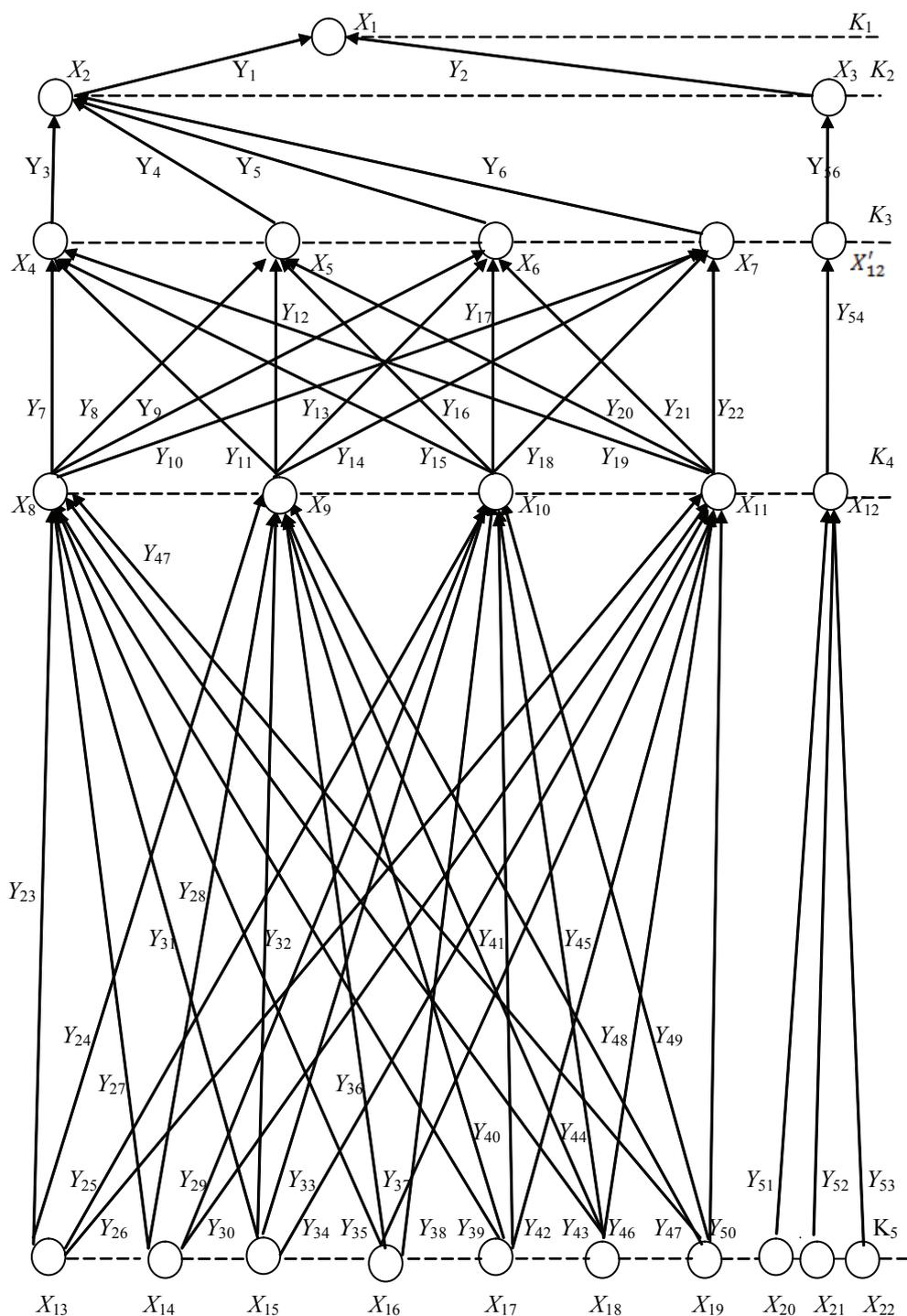


Рис. 3. Гиперграф компоновки технологической структуры первичной обработки древесного сырья

Элементы матриц инцидентности для композиции гиперграфов уровней можно записать [1, 2, 4]

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } X_i^K \in X_j^{K+1} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (1)$$

Матрицы для гиперграфов $\Gamma_1 - \Gamma_4$ в соответствии с (1) равны

$$M_{\Gamma_1} = X_1 \begin{vmatrix} X_2 & X_3 \\ 1 & 1 \end{vmatrix},$$

$$M_{\Gamma_1} = X_2 \begin{vmatrix} X_4 & X_5 & X_6 & X_7 & X'_{12} \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ X_3 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix},$$

$$M_{\Gamma_3} = \begin{matrix} X_4 \\ X_5 \\ X_6 \\ X_7 \\ X_{12}' \end{matrix} \begin{vmatrix} X_8 & X_9 & X_{10} & X_{11} & X_{12} \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix},$$

$$M_{\Gamma_4} = \begin{matrix} X_8 \\ X_9 \\ X_{10} \\ X_7 \\ X_{12} \end{matrix} \begin{vmatrix} X_{13} & X_{14} & X_{15} & X_{16} & X_{17} & X_{18} & X_{19} & X_{20} & X_{21} & X_{22} \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{vmatrix},$$

Общее число элементов матриц $M_{\Gamma_1} - M_{\Gamma_4}$ составляет 87, число элементов матрицы смежности равно 529, число элементов матрицы инцидентности – 1 265.

Формализовать определение составляющих модели технологической структуры, Ψ и R , устанавливающих соответствие между вершинами и ребрами, между различными множествами (рис. 1, 2) и прежде всего между технологическими операциями и технологическим оборудованием, можно на основе матрицы (1)

$$\Psi (X_i^K, X_j^{K+1}) = \begin{cases} 1, & \text{если } a_{ij}=1 \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

$$R (T_{\text{он}}, T_o) = \begin{cases} 1, & \Psi \text{ если } (X_i^K, X_j^{K+1})=1 \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

где X_i, X_j – оборудование, соответствующее уровням компоновки $K_1 - K_5$.

Одним из важнейших показателей эффективности компоновки технологических структур является показатель сложности технологической структуры с учетом различных способов агрегатирования технологического оборудования. Используя математическое описание компоновки технологической структуры в виде гиперграфов, в работе предложен метод количественной оценки сложности технологической структуры, исходя из того, что древесное сырье проходит в процессе обработки путь от начального технологического оборудования до финального технологического оборудования (рис. 2, 3). Процесс

обработки древесного сырья можно представить как перемещение от висячих вершин гиперграфа (начальное технологическое оборудование) к тупиковым вершинам гиперграфа (финальное технологическое оборудование). Непосредственно показатель сложности определяется [1, 2, 4]

$$K_c = \frac{1}{m_1 \cdot m_2} \sum_{i=1}^{m_1} \sum_{j=1}^{m_2} \rho_{ij} - 1, \quad (2)$$

где m_1 – число висячих вершин;
 m_2 – число тупиковых вершин;
 ρ_{ij} – число путей, ведущих от i -ой висячей вершины в j -ую тупиковую вершину.

Количественная оценка сложности рассмотрена на примере компоновки технологической структуры разветвленного комбинированного типа, система HC_K (рис. 4). Непосредственно методика определения показателя сложности заключается в следующем.

1. Исходный иерархический граф технологической структуры (рис. 4) преобразуется в эквивалентный ему граф, не содержащий смежных вершин, расположенных на одном уровне, путем введения фиктивных вершин (ТО – технологические отходы).

2. Преобразованный граф (рис. 5) необходимо представить в виде композиции гиперграфов отдельных уровней для перехода к матрицам инцидентности. Для связи между уровнями при переходе к матрицам инцидентности введены фиктивные вершины 5, 7, 10, 13, 17, 21, 26, 14, 18, 22, 25.

3. Формируется композиция гиперграфов для уровней преобразованного графа (рис. 5)

$$\begin{aligned} \Gamma_1 &= \{K_1, K_2\}, K_1 = \{1\}, K_2 = \{2, 3\}. \\ \Gamma_2 &= \{K_2, K_3\}, K_2 = \{2, 3\}, K_3 = \{4, 5\}. \\ \Gamma_3 &= \{K_3, K_4\}, K_3 = \{4, 5\}, K_4 = \{6, 7\}. \\ \Gamma_4 &= \{K_4, K_5\}, K_4 = \{6, 7\}; K_5 = \{8, 9, 10\}. \\ \Gamma_5 &= \{K_5, K_6\}, K_5 = \{8, 9, 10\}; \\ &K_6 = \{11, 12, 13\}. \\ \Gamma_6 &= \{K_6, K_7\}, K_6 = \{11, 12, 13\}; \\ &K_7 = \{15, 16, 14, 17\}. \\ \Gamma_7 &= \{K_7, K_8\}, K_7 = \{15, 16, 14, 17\}; \\ &K_8 = \{19, 20, 18, 21\}. \\ \Gamma_8 &= \{K_8, K_9\}, K_8 = \{19, 20, 18, 21\}; \\ &K_9 = \{23, 24, 25, 22, 26\}. \\ \Gamma_9 &= \{K_9, K_{10}\}, K_9 = \{23, 24, 25, 22, 26\}; \\ &K_{10} = \{28, 29, 27, 30\}. \end{aligned}$$

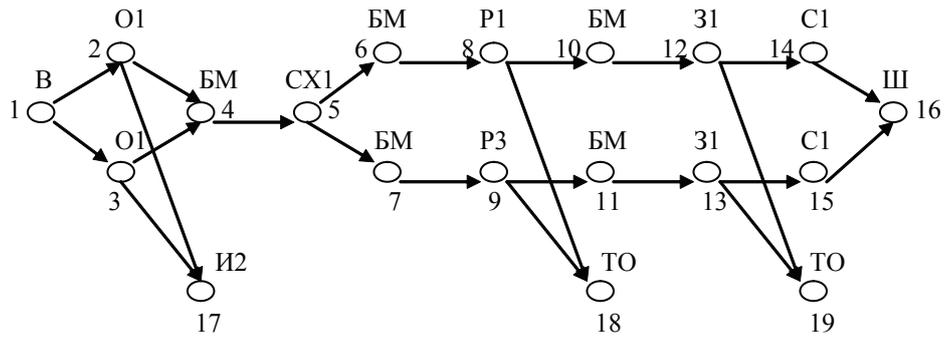


Рис. 4. Технологическая структура разветвленного агрегатирования комбинированного типа (система НС_к)

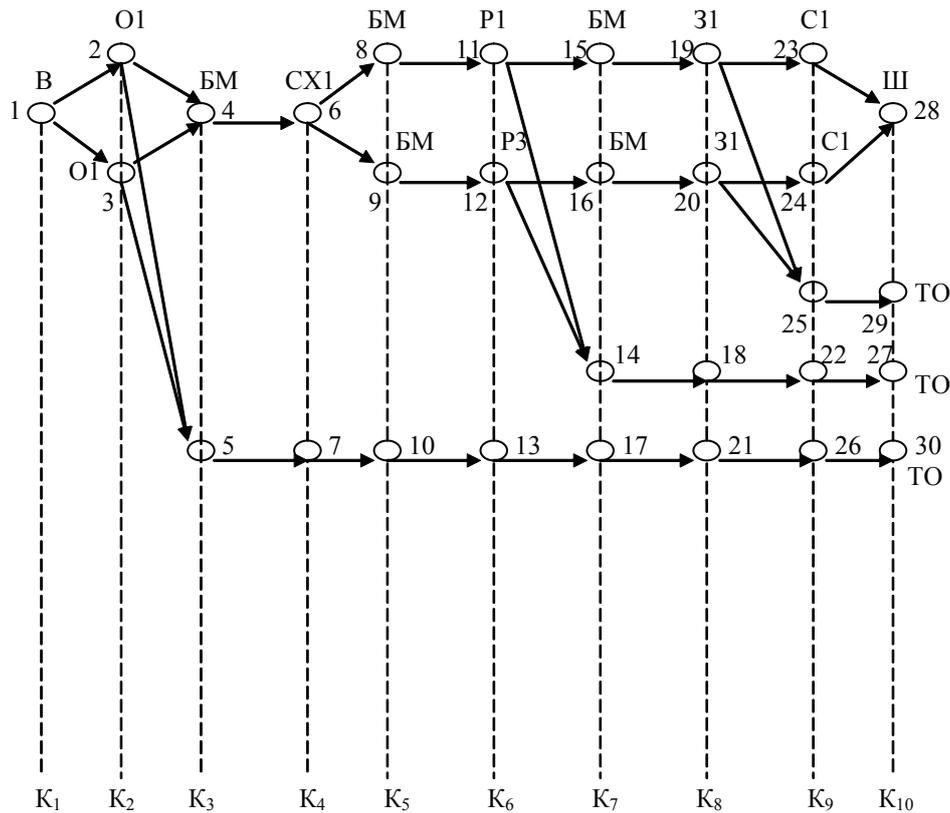


Рис. 5. Гиперграф технологической структуры разветвленного агрегатирования комбинированного типа

4. Формируются матрицы инцидентности для гиперграфов в соответствии с (1)

$$M_{\Gamma_1} = \begin{vmatrix} 2 & 3 \\ 1 & 1 \end{vmatrix}, M_{\Gamma_2} = \begin{vmatrix} 4 & 5 \\ 2 & 1 \\ 1 & 1 \\ 3 & 1 \end{vmatrix}, M_{\Gamma_3} = \begin{vmatrix} 6 & 7 \\ 4 & 1 \\ 1 & 0 \\ 5 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix},$$

$$M_{\Gamma_4} = \begin{vmatrix} 8 & 9 & 10 \\ 6 & 1 & 0 \\ 7 & 0 & 1 \end{vmatrix}, M_{\Gamma_5} = \begin{vmatrix} 8 & 11 & 12 & 13 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 10 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix},$$

$$M_{\Gamma_6} = \begin{vmatrix} 15 & 16 & 14 & 17 \\ 11 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 12 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 13 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix},$$

$$M_{\Gamma_7} = \begin{vmatrix} 19 & 20 & 18 & 21 \\ 15 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 16 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 14 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 17 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix},$$

$$M_{r8} = \begin{matrix} 19 \\ 20 \\ 18 \\ 21 \end{matrix} \begin{vmatrix} 23 & 24 & 25 & 22 & 26 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix},$$

$$M_{r8} = \begin{matrix} 23 \\ 24 \\ 25 \\ 22 \\ 26 \end{matrix} \begin{vmatrix} 28 & 29 & 27 & 30 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}.$$

5. Выполняется умножение матриц инцидентности гиперграфов. В результате получается матрица.

$$M_{\text{общ}} = |\rho_{ij}|_{m_1 \times m_2} = \begin{vmatrix} 28 & 29 & 27 & 30 \\ 4 & 4 & 4 & 2 \end{vmatrix},$$

где $m_1 = 1$, $m_2 = 4$, $\rho_{1,28} = 4$; $\rho_{1,29} = 4$; $\rho_{1,27} = 4$; $\rho_{1,30} = 2$.

В соответствии с (2) показатель сложности данной технологической структуры равен $K_c = 0,25 (4 + 4 + 4 + 2) - 1 = 2,5$.

В целом предложенное математическое описание компоновки технологической структуры обеспечивает создание единого автоматизированного синтеза, начиная с выбора рационального исходного сырья и кончая выбором допустимых, нехудших и оптимальных вариантов компоновки техно-

логических структур лесопромышленных предприятий с количественной оценкой их сложности. Результаты работы апробированы при компоновке технологических структур лесопромышленных предприятий с различным годовым грузооборотом на множестве технико-экономических показателей, показателей сложности и избыточности, а также в учебном процессе по дисциплинам кафедры управления автоматизированными производствами Московского государственного университета леса.

Библиографический список

1. Дорошенко, В.А. Синтез технологической структуры автоматизированных технологических процессов первичной обработки древесины: монография / В.А. Дорошенко. – Красноярск: КГТА, 1996. – 299 с.
2. Друк, Л.В. Повышение эффективности обработки древесного сырья на основе рациональных компоновок технологического оборудования: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Л.В. Друк. – М.: МГУЛ, 2000. – 25 с.
3. Курейчик, В.М. Математическое обеспечение конструкторского и технологического проектирования с применением САПР / В.М. Курейчик. – М.: Радио и связь, 1990. – 352 с.
4. Многокритериальный выбор оборудования на основе метода рабочих характеристик при технологической подготовке первичной обработке древесного сырья / В.А. Дорошенко, Л.В. Друк, А.А. Назаренко // Технология и оборудование для переработки древесины: Науч. Тр. – М.: МГУЛ, 2007. – Вып. 335. – С. 86–105.

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ДОРОГ

М.Э. ИВАНОВА, асп. каф. транспорта леса МГУЛ

caf-transport@mgul.ac.ru

Рост лесозаготовок для удовлетворения спроса создаваемых предприятий ЛПК, снижение цен на древесину и обеспечение конкурентоспособности лесозаготовок напрямую связаны с возможностями вывоза заготовленной древесины. Наличие развитой дорожной сети круглогодичного действия способно обеспечить высокую эффективность деятельности всего лесного сектора.

В современном лесном секторе производственные мощности имеют большой износ. Износ парка лесозаготовительной техники в среднем по стране составляет 81 %, дорожно-строительной техники – 52 %, технологических и вспомогательных механизмов – 85 %. Эксплуатация изношенного парка лесозаготовительной и дорожно-строительной техники приводит к большим простоям механизмов в ремонте и значительным материаль-

ным и трудовым затратам на их поддержание в работоспособном состоянии.

Управление лесопромышленными процессами осуществляется неавтоматизированными способами. Существующий процесс организации работ трудоемкий, основывается на использовании множества документов на бумажной основе. Следствие – сложность обновления имеющихся данных, снижение оперативности решений. В век бума информационных технологий геоинформационные системы (ГИС) стали обычным инструментом, помогающим решать различные задачи [1]. Использование ГИС-технологий в лесном и лесопромышленном хозяйстве позволит обеспечить полное и рациональное использование сырьевых ресурсов, облегчить процесс управления лесами, отпадет необходимость в затратах большого количества времени на планирование, моделирование, проектирование, строительство, эксплуатацию и мониторинг лесных дорог, а также на транспортные и строительные затраты из-за ошибок проектирования и планирования.

Транспортные объекты и сети располагаются на земле или вблизи поверхности. А ГИС специально предназначены для работы с пространственной информацией. И поскольку данные об объектах на поверхности земли составляют пространственную информацию, по-

лучается, что ГИС прекрасно подходят для управления транспортными объектами и сетями.

Собственно, что нужно знать о транспортных объектах? Их координаты в пространстве и описательные характеристики [2]. Именно это и составляет *суть ГИС* – *соединение координатной и описательной информации в единое целое*.

Способы представления описательной информации могут быть различны: значение с датчика, фотография, реальное видеозображение, таблица БД (базы данных) о характеристиках объекта и многое другое.

ГИС оказывают большую помощь в наглядном представлении первичной информации, здесь много общего с системами автоматизированного проектирования (САПР).

Если в САПР сложный объект может быть представлен в виде некоторой схемы, то ГИС может быть удобным интерфейсом для доступа к информации от ее источников. Например, это может быть схема транспортной сети (рис. 1).

Также с помощью ГИС пользователь может получить интересующую его информацию о характеристиках и состоянии объекта: ширина колеи, тип покрытия дороги, состояние дороги на сегодняшний день и т.д., выбрав курсором некоторый элемент схемы (рис. 2).

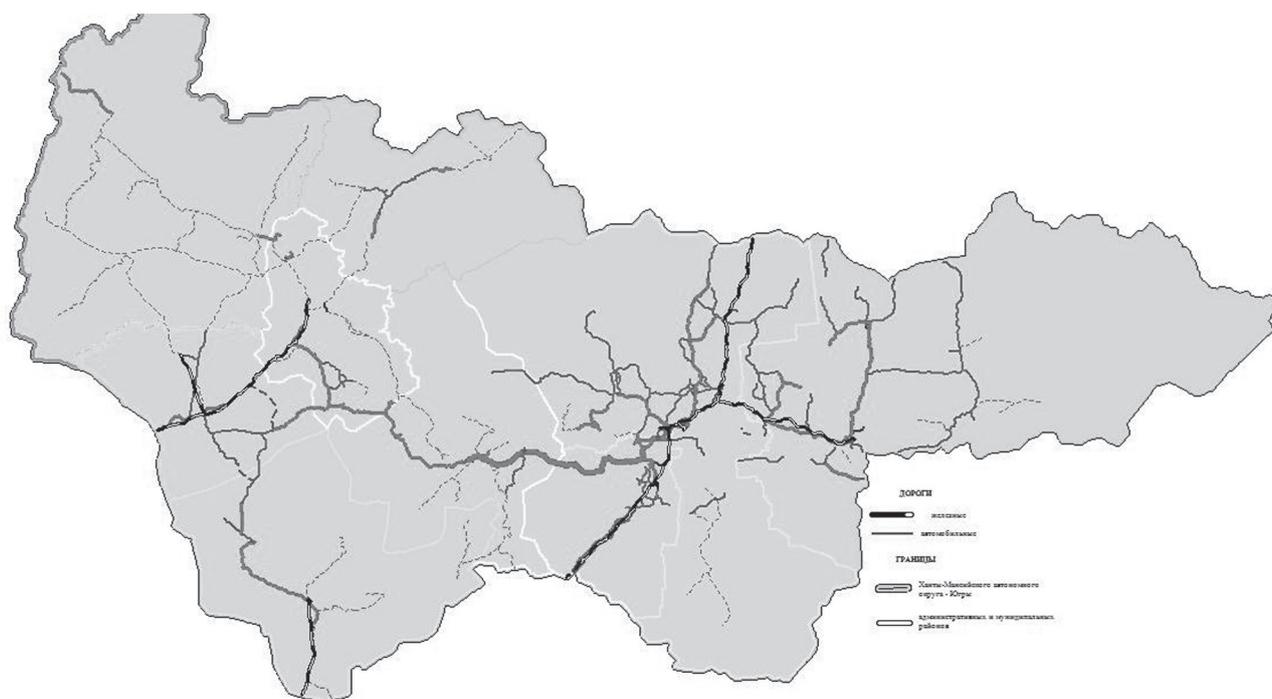


Рис. 1. Сеть дорог Ханты-Мансийского автономного округа – Югра

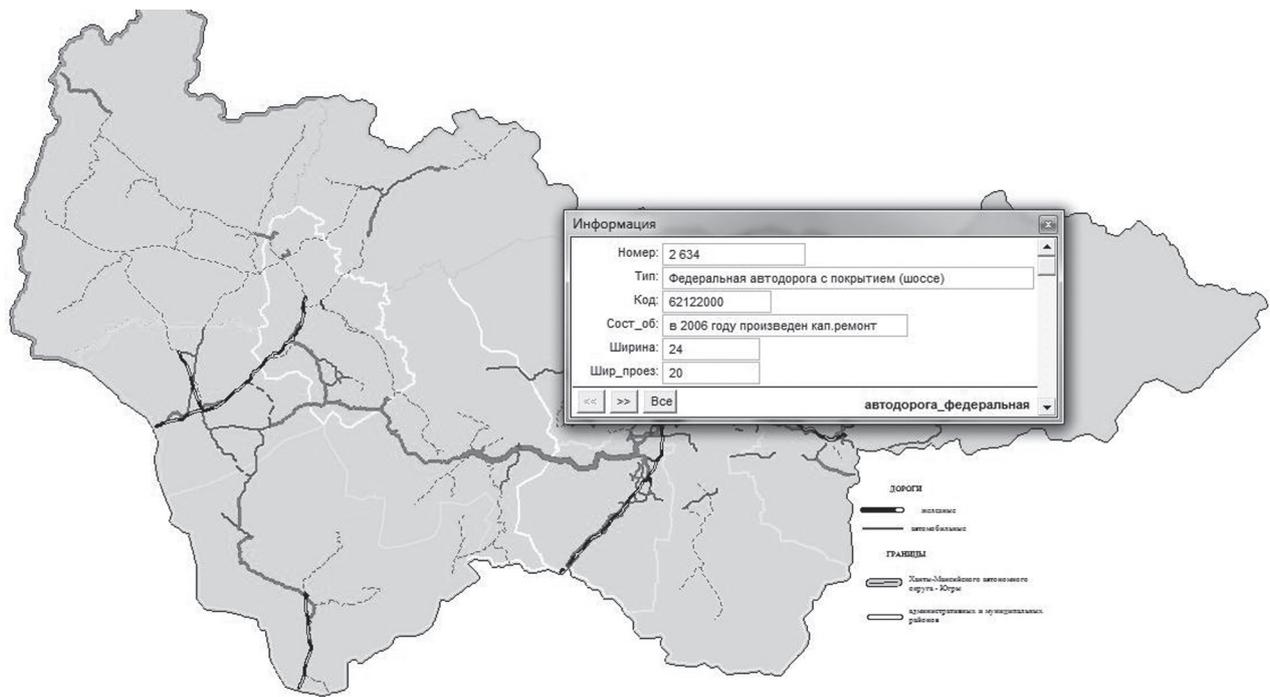


Рис. 2. Информация о федеральной автодороге с покрытием (шоссе)

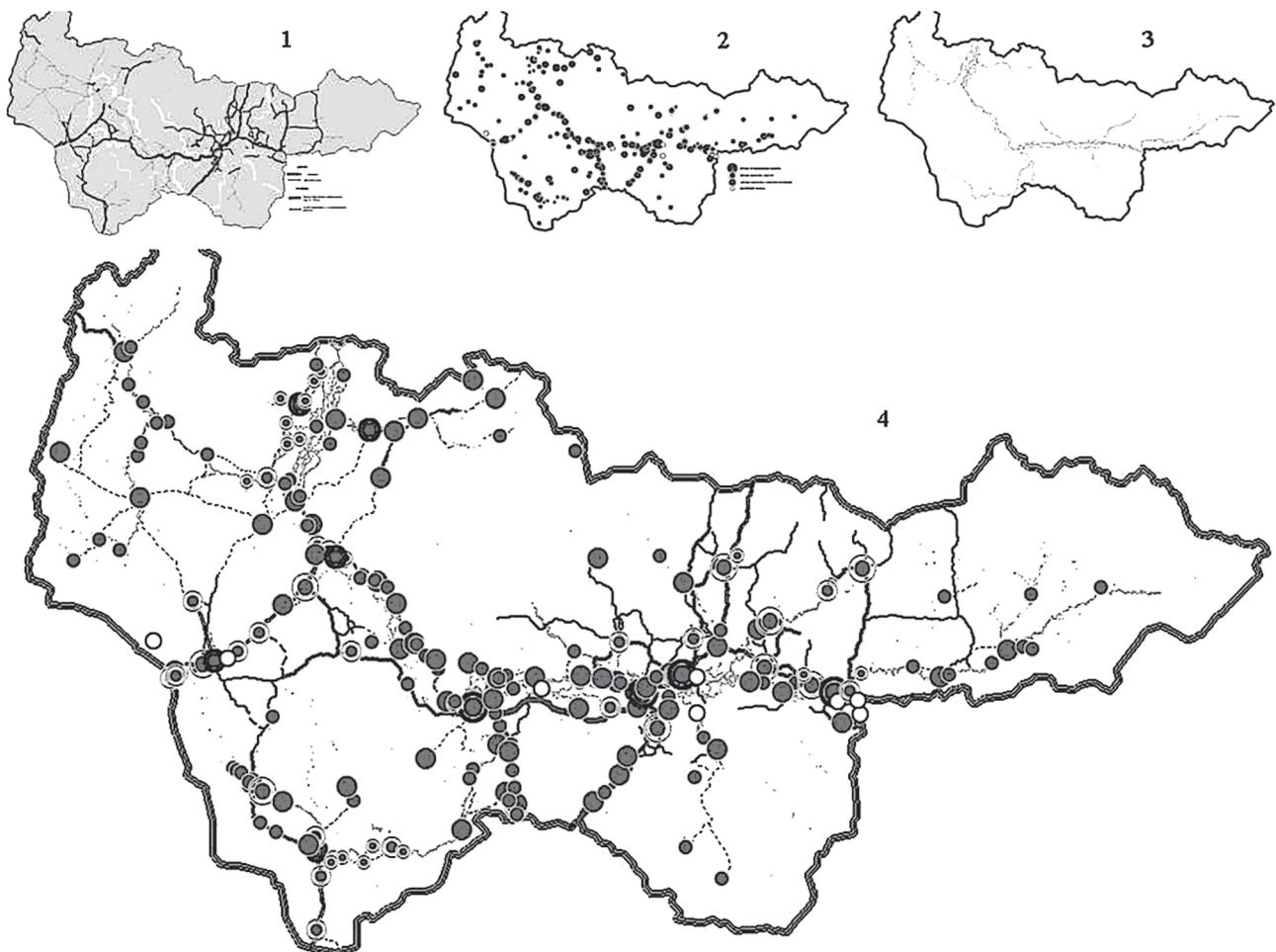


Рис. 3. Набор тематических слоев: 1– существующая транспортная сеть; 2– населенные пункты; 3– гидрография; 4– объединение вышеперечисленных слоев

Важно также и то, что ГИС содержат удобные средства для создания и редактирования таких схем и организации связи с первичными источниками информации.

ГИС хранит информацию о реальном мире в виде набора тематических слоев, которые объединены на основе географического положения. Этот простой, но очень гибкий подход доказал важность при решении разнообразных реальных задач: для отслеживания передвижения транспортных средств и материалов, детального отображения реальной обстановки и планируемых мероприятий (рис. 3).

Итак, современные ГИС имеют множество мощных функций. Рассмотрим основные возможности и функции на примере системы **MapInfo Professional** [3].

Визуализация и дизайн карт.

- создание тематических карт с помощью закрашки и штриховки регионов в зависимости от числовых показателей, с помощью круговых и прямоугольных диаграмм, плотности нанесения точек, символов, размеры которых выбираются автоматически и по выбору пользователя в зависимости от числовых показателей (данных пользователя). Возможность создания непрерывной закрашки на основе интерполяции числовых показателей;

- комбинирование вышеуказанных способов для получения тематических карт по нескольким показателям одновременно;

- создание тематических карт по данным, находящимся в нескольких таблицах (базах данных);

- статистический анализ данных;

- одновременное отображение данных пользователя в нескольких видах (каждый в своем окне) – в виде карт, таблиц, графиков и диаграмм, отчетов-легенд построения тематических карт, статистических отчетов (рис. 2);

- возможности прогноза и анализа по принципу «а что, если»;

- возможность увеличивать/уменьшать масштаб карты от нескольких сантиметров до 100000 км;

- информация располагается по слоям, при этом карта представляет собой любую комбинацию слоев (рис. 3);

- динамическое подгружение слоев при изменении масштаба;

- геокодирование;

- автоматическое и интерактивное построение подписей к объектам на карте, вращение надписей.

Возможности анализа.

- присоединение и восстановление информации к любому объекту;

- пространственный анализ: нахождение объектов на карте, входящих в заданный объект;

- SQL-запросы: выборки с помощью выражений, группирования по колонкам, связывание таблиц, иерархия запросов;

- функции пространственного анализа;

- функции над объектами: создать объект, комбинировать и преобразовывать объекты;

- математические функции, функции преобразования типов, статистика.

Создание и редактирование карт

- редактирование и создание карты с помощью мыши;

- работа с различными типами объектов;

- редактирование объекта, точное позиционирование и перемещение объекта, создание новых узлов, копирование или удаление, сглаживание линейных объектов;

- создание буферных зон по заданному или произвольному расстоянию, создание комбинированных или уникальных буферных зон (рис. 4);

- функции работы с полигонами: расщепление, удаление, комбинирование полигонов, удаление внешних объектов вокруг полигона, перекрытие узлов, связывание/развязывание данных;

- работа с растровыми файлами: одновременное отображение растровых и векторных файлов, координатная привязка растровых файлов по нескольким точкам, регулирование яркости, контрастности, оттенков серого, контроль прозрачности;

- импорт/экспорт растровых файлов: GIF, JPEG, TIFF, PCX, BMP, TGA, BIL;

- создание сплошного изображения из нескольких перекрывающихся растровых файлов.

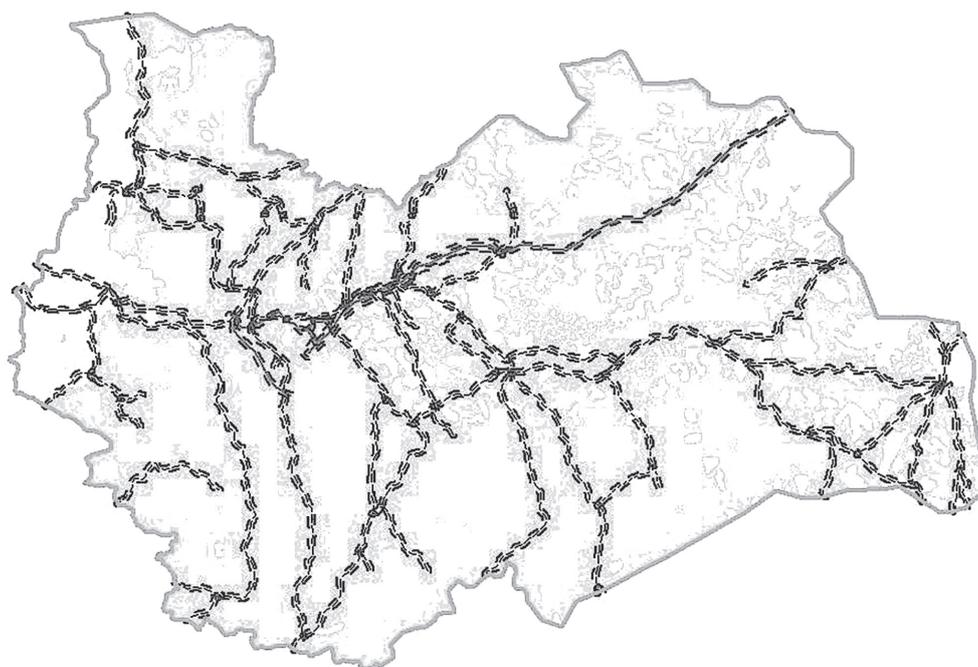


Рис. 4. Буферная зона (обозначенная пунктиром)

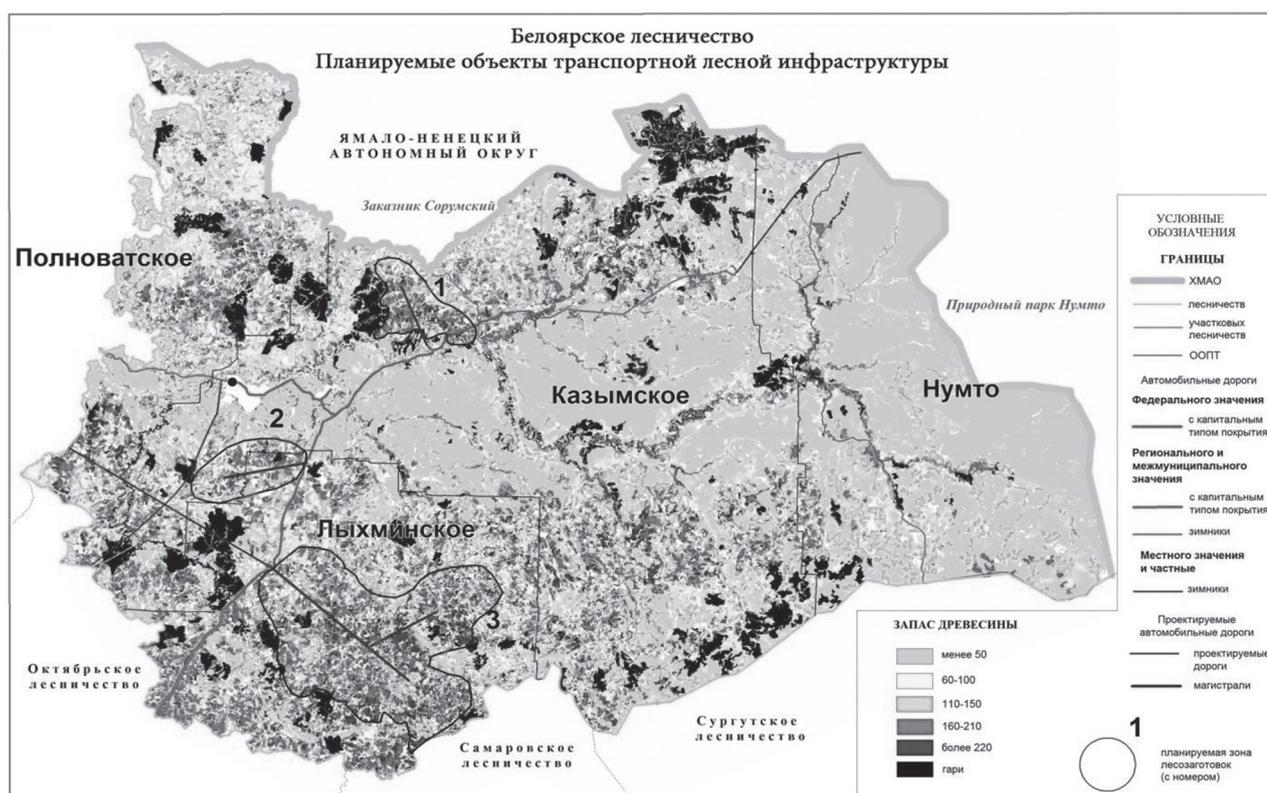


Рис. 5. Проектируемые лесные дороги

Анализ и прогнозирование развития лесных дорог

ГИС-технологии широко применяются в проектировании дорог общего пользования. Их применение в проектировании лесных дорог имеет хорошие перспективы.

В настоящее время отсутствие лесных дорог является основным сдерживающим фактором развития лесного сектора. Лесная дорога является технологической магистралью. По ней ведутся все транспортные перемещения техники, людей, продукции. Она является составной частью лесного массива.

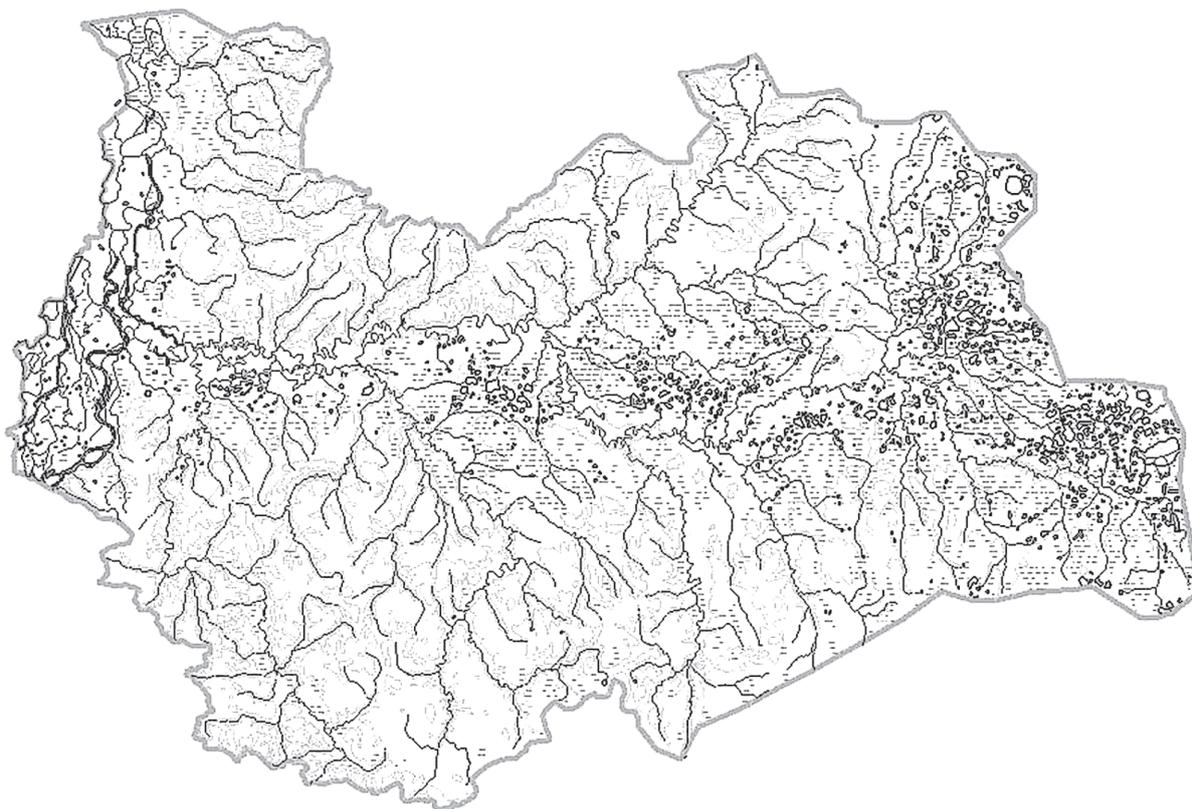


Рис. 6. Тематические слои гидрографии, рельефа, болот и озер для анализа местности

В зависимости от сферы деятельности предприятия лесные дороги разделяют на лесовозные и лесохозяйственные.

Оценка развития транспортной лесной инфраструктуры, синхронизированной с планами лесозаготовок, дана по Белоярскому центральному лесничеству Ханты-Мансийского автономного округа – Югры:

1. Определяем наиболее доступные леса, примыкающие к лесным дорогам и дорогам общего пользования (анализ близости или буферная зона) (рис. 4) [4].

2. На территории лесничества выделяем перспективные лесосырьевые базы с наибольшим запасом древесины.

Для эффективного использования лесных ресурсов и проведения лесохозяйственных мероприятий проектируем лесные магистрали, соединяющие существующие дороги с выделенными базами (рис. 5).

3. В процессе разностороннего анализа местности (рис. 6), по которой должна пройти проектируемая магистраль, мы можем определить предварительную ось дороги.

Таким образом, ГИС, как и другие информационные технологии, подтверждает

известную поговорку о том, что лучшая информированность помогает принять лучшее решение.

Однако ГИС – это не инструмент для выдачи решений, а средство, помогающее ускорить и повысить эффективность процедуры принятия решений, обеспечивающее ответы на запросы и функции анализа пространственных данных, представления результатов анализа в наглядном и удобном для восприятия виде.

Библиографический список

1. Лопандя, А. Основы ГИС и цифрового тематического картографирования. Электронное учебно-методическое пособие / А. Лопандя, А. Немтинов. – Тамбов, 2007.
2. Геоинформационные системы в дорожном строительстве: Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т VI. / А.В. Скворцов, П.И. Поспелов, В.Н. Бойков и др. – М.: ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР», 2006.
3. Геоинформационная система MapInfo: учебно-методическое пособие. – Изд-во СГУ, 2003. – 56 с.
4. Берлянта, А.М. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов / А.М. Берлянта, А.В. Кошкарева. – М.: ГИС-Ассоциация, 1999. – 204 с.

МАРКЕТИНГОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КОМПАНИЙ СЕКТОРА РЫНКА В2В

А.А. ДАШКОВ, *проф. каф. менеджмента и информационных технологий МГУЛ, канд. техн. наук,*
К.А. СУДАКОВ, *асп. каф. менеджмента и информационных технологий МГУЛ*

dashkov@mngul.ac.ru; spqrome85@mail.ru

Современный рынок товаров и услуг устроен так, что направления деятельности компаний, существующих на рынке в целом, можно с определенной точностью сегментировать, а именно выделить несколько направлений: В2С, В2В, В2G.

В2С – потребительский рынок товаров и услуг, покупки осуществляет покупатель, руководствуясь личными потребностями и предпочтениями.

В2В – профессиональный рынок товаров и услуг, покупки осуществляет профессиональный покупатель во имя интересов бизнеса (компаний).

В2G – рынок государственных закупок, профессиональный покупатель (представитель государства), руководствуясь интересами и потребностями государства (края, отрасли и т.д.), совершает покупки.

В данной статье речь пойдет о рынке В2В и маркетинговой составляющей деятельности компаний, участвующих на данном рынке.

Рассмотрим ретроспективу профессионального рынка, выделив основные этапы развития маркетинговой деятельности компаний В2В-рынка. В качестве ориентира для сравнения выберем потребительский рынок и проведем некоторые аналогии.

Взгляд на историю развития компаний и их деятельности на рынке В2В и В2С говорит о том, что маркетинг в сегменте профессиональных товаров и услуг (В2В) развивался не симметрично относительно потребительского маркетинга (В2С).

В первую очередь, это связано с отсутствием реальной конкуренции на рынке В2В. При этом важно отметить, что реальная конкуренция подразумевает наличие около пяти аналогичных предложений со стороны разных компаний для решения определенной задачи клиента. Отсутствие так называемой реальной конкуренции мож-

но объяснить, в основном, историческими и политическими причинами, среди которых огромный дисбаланс между развитием стран, закрытые политические режимы некоторых стран, а соответственно и практически закрытая экономика. В результате создание высокоинтеллектуальных и требующих больших инвестиций товаров (услуг) для сектора рынка В2В для многих компаний (или даже стран) было технически и экономически невозможно.

На современной картине мирового рынка можно увидеть, что общая глобализация и переход многих стран к открытой и рыночной модели экономики, доступность техники и технологии, скорость передачи и популяризации информации благодаря общедоступной системе Интернет приводит к значительному развитию и увеличению конкуренции, в том числе и на рынке В2В. Соответственно рынок профессионального сектора меняется, приобретая новые ценности, иными словами, находится в поиске новых конкурентных преимуществ.

До последнего времени, на большинстве примеров промышленного сектора рынка, все конкурентные преимущества были сфокусированы в области материальных качеств предложения: продукт, цена, стоимость эксплуатации и т.д.

В связи с этим важно отметить: при сопоставлении развития маркетинга потребительского (В2С) и промышленного (В2В) рынков, в случае последнего, долгое время доминирующую роль играла конкуренция в области материальных составляющих предложения. Иными словами, чтобы конкурировать, компаниям промышленного сектора рынка хватало продукта. В данном случае это означает, что позиционирование компании (поиск конкурентных преимуществ) лежало только в области техники и технологии продукта, «know-how» продукта.

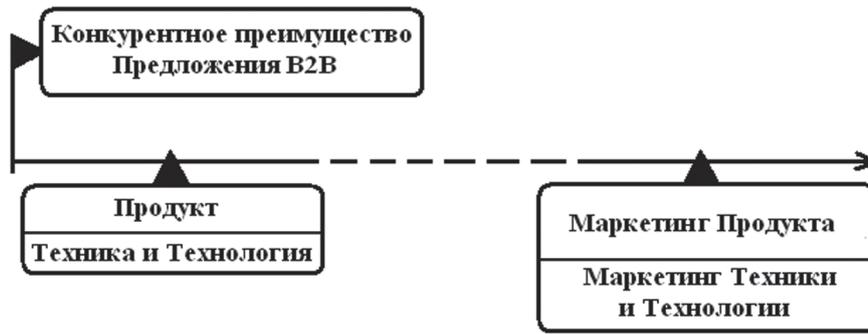


Рис. 1. Смещение конкурентного преимущества в область маркетинга продукта



Рис. 2. Взаимодействие продукта, маркетинга продукта и целевой аудитории рынка

В наше время значительного роста локальной и глобальной конкуренции (на локальных и глобальных рынках), конкуренции именно в том значении, когда, даже в узкоспециализированной области сектора рынка B2B, для решения задачи клиента предлагается не одно или два, а пять и более аналогичных предложений от разных компаний. Под аналогичными здесь понимаются предложения без значительно доминирующих преимуществ относительно друг друга.

В том случае, если компания действительно имеет дело с подобным случаем, позиционирование исключительно на продукте уже не является достаточной опорой в успешной работе компании, так как предложение не обладает ярко выраженным конкурентным преимуществом.

Ни рис. 1 показано смещение из области доминирования продукта в область маркетинга продукта.

Необходимо отметить, что появление маркетинговой составляющей продукта B2B не означает снижение активности компании в области материальной разработки продукта. Как это вполне естественно для рынка профессиональных товаров и профессиональных

покупателей (B2B), основные ценности предложения опираются непосредственно на продукт и технологию продукта, но теперь уже не минуя призму маркетинговой деятельности.

В то же время, благодаря активной работе в области техники и технологии продукта B2B, маркетинг получает возможность выделить свой продукт на фоне конкурентных предложений даже в большей степени, чем это можно наблюдать на рынке B2C.

И наоборот: обратная связь – знание потребностей рынка и проблематики отдельного сегмента рынка дает отправную точку в направлении развития материальной составляющей продукта. Поясним это с помощью рис. 2.

Итак, у продукта B2B сектора рынка появляется маркетинговая составляющая, основанная на продукте, и в то же время техника и технология позиционируются на потребностях рынка (совокупность ценностей для целевой аудитории), что является своего рода циклическим взаимодействием компании (продукта компании) и рынка.

Необходимо также отметить, что с приходом маркетинговой активности на рынок B2B маркетинговая деятельность затра-

гивает не только продукт, но и компанию в целом, то есть компании профессионального сегмента проявляют общую маркетинговую активность, не фокусируя внимание только на одном продукте.

Тем не менее, маркетинговая деятельность для многих компаний профессионального сектора рынка является новым видом деятельности. В этом выражается проблематика, связанная с интеграцией маркетинга в уже налаженную (возможно, не одним десятилетием успешного существования) структуру компании.

С другой стороны, многие новички рынка B2B – появившиеся в последнее время компании, имеющие непосредственно продукт, технологию, должны знать ответ на вопрос: как правильно интегрировать маркетинговую деятельность в структуру работы компании в сегменте профессионального рынка (B2B).

Основной целью данной статьи является попытка построить модель компании на рынке B2B с учетом интеграции в структуру компании маркетинговой деятельности, помогающей вести полноценный диалог с потенциальной целевой аудиторией.

Приведем несколько выводов по первой части статьи.

– Глобальная конкуренция и доступность технологий приводят к появлению все большего числа аналогичных предложений в сфере товаров (услуг) на рынке B2B.

– Продукт в чистом виде не всегда является достаточным конкурентным предложением в связи с наличием на рынке (даже в узко специализированном сегменте) других, аналогичных предложений.

– Для улучшения конкурентоспособности товара (услуги), компаниям B2B-рынка необходимо применять механизмы маркетинговой деятельности.

– Сложность применения маркетинговой деятельности для компаний B2B-рынка заключается в интегрировании маркетинговой деятельности в уже сформированную структуру компании.

Итак, современный рынок товаров и услуг для бизнеса B2B можно охарактеризовать несколькими факторами, которые явля-

ются катализаторами для компаний в направлении маркетинговой активности.

Необходимо отметить, что компании (или направления компаний), работающие непосредственно в сфере товаров для бизнеса, в последнее время проявляют все большую активность по части маркетинговых программ.

Перечислим несколько факторов, активизирующих маркетинговую деятельность компаний-игроков промышленных рынков:

- глобализация рынков;
- жесточайшая конкуренция даже в «узких» сегментах рынков товаров и услуг;
- доступность и открытость информации;
- доступность технологий и высокая скорость распространения информации о новых технологиях.

Можно сказать, что даже для участников профессионального рынка B2B, «know-how» в технологиях производства продукта уже не является единственным и основополагающим конкурентным преимуществом, как это можно было с уверенностью подчеркнуть еще не так давно.

Для того чтобы более детально рассмотреть маркетинговые механизмы деятельности компаний на рынке B2B, обратимся к модели, изображенной на рис. 3.

Данная модель показывает построение компании и функциональные блоки ее деятельности. Элементы модели разделены на три уровня: макроуровень, промежуточный уровень и локальные рынки и микроуровень.

Рассмотрим каждую из составляющих по отдельности.

Макроуровень состоит из основополагающих, фундаментальных модулей, без которых ни одна из компаний на современном рынке не может функционировать. Макроуровень включает технический, юридический и организационный профессионализм [1].

Технический профессионализм подразумевает грамотность, актуальность и надежность технического решения предлагаемого продукта (или услуги) и в том числе «know-how» технологий.

Юридический профессионализм подразумевает юридическую честность и культуру компании.

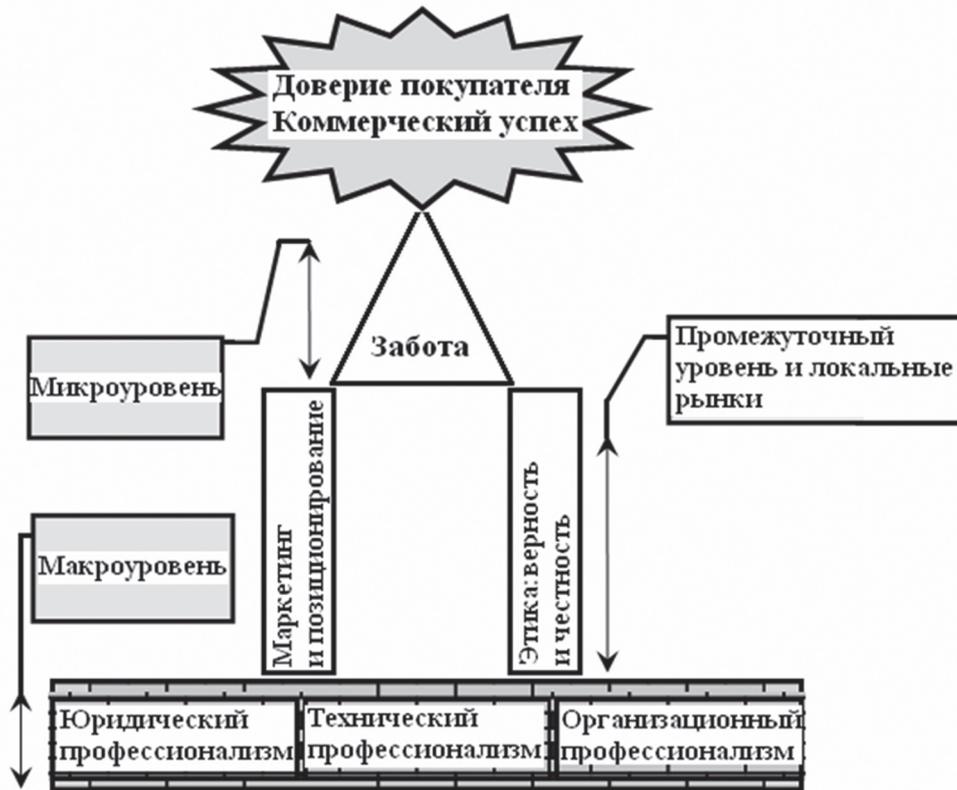


Рис. 3. Модель составляющих элементов компании B2B-рынка

Организационный профессионализм показывает, насколько правильно и целостно сформирована структура компании, насколько функциональные направления компании (производство, подразделение НИР, маркетинга, сервиса, логистики, административный отдел и т.д.) работают слаженно и правильно (в понимании выполняемых функций каждого из подразделений) [1].

Промежуточный уровень и локальные рынки показывают маркетинговую деятельность компании, то, как компания позиционирует себя и свой товар в целом и на локальных рынках (направлениях).

Этика компании подразумевает, насколько компания следует своим обещаниям, отраженным в маркетинговых программах, а также насколько компания верна общим глобальным ценностям (то, что формирует положительное общественное мнение о компании) [1].

На микроуровне проявляется следование представителей компании (сотрудников сбыта, сервиса, отдела по работе с клиентами) общим корпоративным ценностям и принципам [4]. Это очень важное и вместе с тем

наиболее сложное достижение, которым не любая компания может похвастаться. Набор положительных качеств, проявляемых при взаимодействии с клиентом, можно выразить как проявление заботы о клиенте [1].

В то время как основные функциональные блоки макроуровня (такие, как технический, юридический и организационный профессионализм) воздействуют на рациональную составляющую выбора и предпочтения потенциального клиента, этика, маркетинговое позиционирование и, не менее важно, забота на микроуровне воздействуют на подсознательную часть клиента.

Необходимо также отметить, что функциональные составляющие макроуровня в разрезе перечисленных факторов деятельности компании есть априорные факторы для компаний на современных рынках (особенно B2B) и в силу этого такие факторы, как технический, юридический и организационный профессионализм уже не претендуют на место ключевых конкурентных преимуществ, но в тоже время являются первостепенными и основными для любой компании.

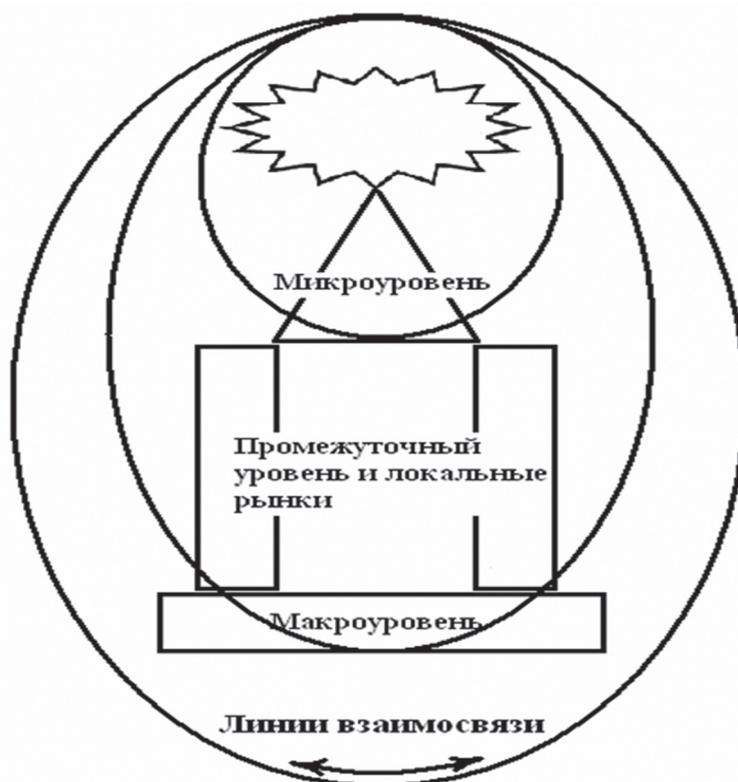


Рис. 4. Взаимосвязанность трех уровней деятельности компании

Иными словами, факторы макроуровня есть и будут основополагающими, и, вместе с тем, поскольку их обязательность подразумевается сама собой, то их значение нивелируется и таким образом уже не заключает основное конкурентное преимущество.

Рассматриваемые на рис.3 абстрактные уровни деятельности компании тесно связаны друг с другом и являются взаимозависимыми. Поясним это с помощью следующей модели, изображенной на рис. 4.

Модель на рис.5 показывает взаимосвязанность между тремя уровнями деятельности компании. Поясним в порядке расширения границ линий взаимосвязи.

Макроуровень. Поскольку он является фундаментом и основой любой компании, границы действия макроуровня охватывают сразу все остальные функциональные составляющие компании.

В качестве примера можно представить, что «know-how» технологии является элементом технического профессионализма и может быть «красной строкой» маркетинговых действий компании. С другой стороны, быстрое действие сервисной службы – это прерогатива организационного профессиона-

лизма, но также может служить и отличным маркетинговым посланием на рынке промышленных товаров (услуг).

Данные положения объясняют то, что граница макроуровня компании (рис. 4) охватывает все остальные уровни ее деятельности и является самой широкой линией связи между всеми уровнями и частями любой компании так же, как фундамент здания является основой для всех последующих надстроек.

Промежуточный уровень и локальные рынки. Этот уровень, заключающий всю маркетинговую активность компании, имеет, как уже было подчеркнуто, широкую границу точек соприкосновения с макроуровнем. С другой стороны, промежуточный уровень имеет очень важное воздействие и на микроуровень: именно благодаря пониманию отдельного сотрудника компании общих корпоративных ценностей и маркетинговой стратегии складывается правильное понимание его роли во всем процессе. А именно правильное и полное понимание роли вызывают у сотрудника тот самый энтузиазм, который и должен проявляться на микроуровне: во время взаимодействия с сотрудниками компании-покупателя.

Микроуровень характеризуется тем, что на нем основным проявлением должна быть забота и более личностные отношения со стороны компании-продавца по отношению к компании-покупателю [1]. Именно связанность с макроуровнем и промежуточным уровнем компании формируют у сотрудников компании понимание и преемственность общих ценностей и задач компании.

Эта связь является катализатором к проявлению заботы у сотрудников конечной ступени (сбыт, сервисная служба и т.д.) взаимодействия с клиентами компании-покупателя.

Необходимо подчеркнуть, что более личностные отношения подразумевают обращение со стороны представителя компании-продавца к представителю компании-покупателя, апеллируя не только к разуму, но и к чувствам своего оппонента.

Взаимосвязь трех уровней компании.

Необходимо отметить, что в развитых и гибких компаниях, провозглашающих общую корпоративную стратегию и ценности, существует не только прямая, но и обратная связь между тремя уровнями деятельности компании. Это очень важный показатель, особенно в разрезе скорости изменений современного рынка (в том числе и промышленных товаров и услуг), а также высокой степени конкуренции.

Хорошим примером в данном случае может служить система контроля качества компании Toyota, названная «бумеранг», система обратной связи от сервисных служб по всему миру о неисправностях и недостатках автомобилей [2].

Итак, можно констатировать, что маркетинг промышленных компаний – это, в значительно большей степени, чем на потребительском рынке, ориентация на клиента или группу клиентов за счет предложения наилучшего решения их потребностей и задач [5].

Маркетинговое позиционирование является стратегической составляющей деятельности компаний и от него зависит актуализация и укрепление компании на рынке [3]. При этом актуализация выражается в позиционировании – предложении не просто товара (услуги), а ценностей решения. Ценность решения формируется за счет согласного взаимодействия трех уровней компании (рис. 4).

Современный рынок провоцирует компании, в том числе промышленного сектора, переходить на более личностные отношения со своими клиентами, показывая все более активное маркетинговое позиционирование на среднем уровне и проявляя заботу на микроуровне отдельно взятого сотрудника компании (рис. 3, рис. 4).

Модель компании рынка B2B.

Рассмотрим абстрактную и идеализированную модель компании на современном рынке B2B (рис. 5), аккумулируя ранее полученные выводы. Отметим также, что основное направление идеализации в данной модели – это 100 % слаженности работы компании, а именно, когда все уровни и подразделения компании взаимодействуют сообща. В этом случае диалог между разными подразделениями компании происходит без помех и потери информации. В качестве примера можно привести ситуацию, когда отдел разработки технического решения (НИОКР) компании в кратчайшие сроки и с полной объективностью получает информацию о недостатках нового продукта от сервисной службы по всему миру (или с определенных рынков). Второе направление идеализации данной модели заключается в 100 % гибкости компании – это подразумевает, что отдел разработки технического решения компании не только получает информацию о недостатках продукта, но и в кратчайшие сроки исправляет недоработки. В данном случае подобные связи подразумеваются не только между отделами сервисной службы и НИОКР, но и между другими отделами компании.

Обратим внимание на линии перехода, отмеченные на рис. 5 цифрами 1, 2, 3, 4, 5.

Прямая линия перехода 1, направленная от компании к продукту, характеризует непосредственное создание компанией продукта В (разработка, производство, ОТК и т.д.). Прямая линия перехода 2 ведет от непосредственно самого продукта В к маркетингу продукта В, то есть к тому, как компания А позиционирует продукт В на рынке С. Соответственно локальный маркетинг продукта В согласуется с общим маркетингом компании А и является его частью, т.е. маркетинг определенного продукта не может существовать отдельно от общей маркетинговой политики компании.

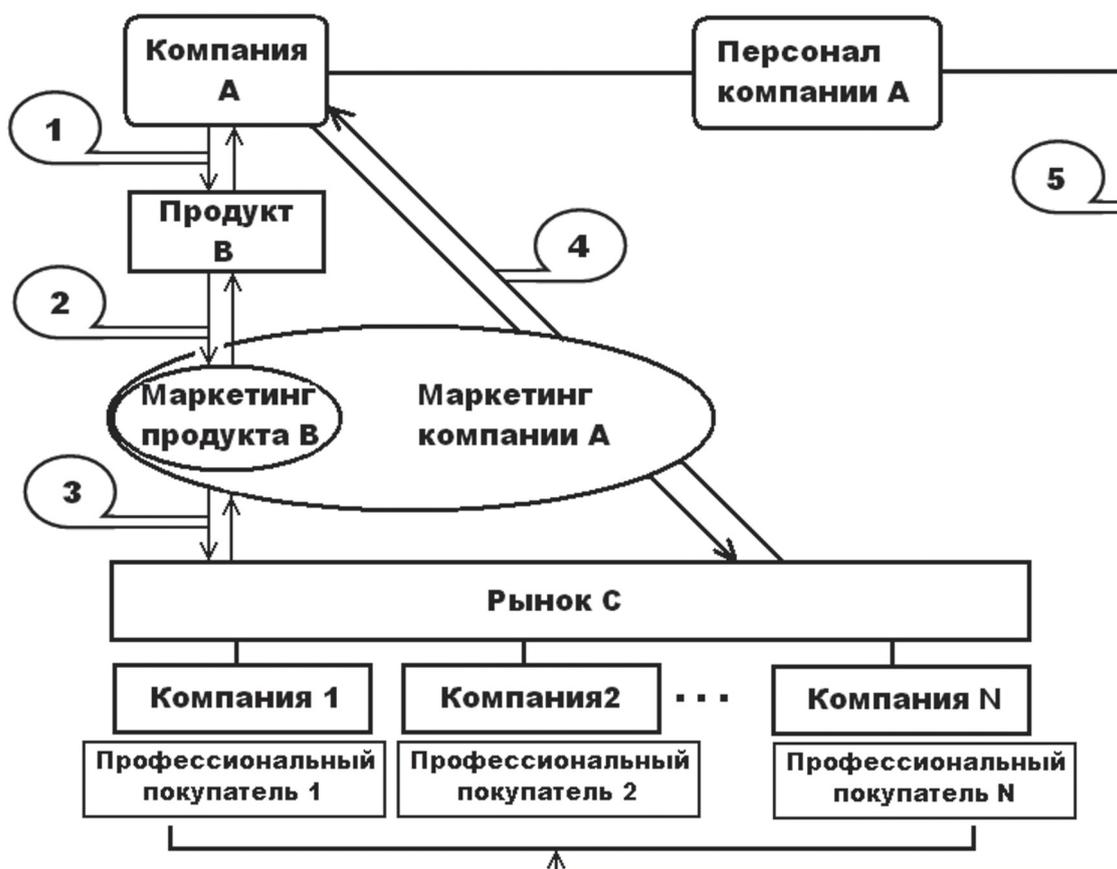


Рис. 5. Модель компании на рынке B2B

На рис. 5 прямая линия перехода 3 показывает, что кроме более локального маркетинга продукта В продукт позиционирован на рынке благодаря общей маркетинговой политике компании А.

Обратные линии перехода 1, 2, 3 – это обратная связь, полученная с помощью маркетинговых исследований о том, как продукт воспринят рынком, буквально положительные и отрицательные стороны продукта В. Обратные линии перехода, в соответствии с обратной иерархией, сначала ведут к маркетингу продукта В и общей маркетинговой позиции компании А, затем, проходя через продукт, достигают основы создания продукта, то есть компании А.

Прямая линия перехода 4 – это линия общей маркетинговой позиции компании А не только на рынке С, но и, возможно, на рынке D, E и т.д. Общая маркетинговая позиция (или политика) включает локальный маркетинг определенного продукта (продукт В).

Обратная линия перехода 4 показывает обратную связь, характеризующую то, как

компания А воспринимается на рынке. В случае слаженной и гибкой работы компании А (идеализированная модель) необходимые изменения в более глобальном маркетинге компании А не могут не повлиять на локальный маркетинг продукта В. Эта связь показывает, что маркетинг продукта В входит в состав общего маркетинга компании А (рис. 5).

Линия перехода 5 показывает взаимодействие персонала компании А и профессиональных покупателей компании 1,2...N. При этом понятие профессиональный покупатель включает достаточно широкий круг сотрудников компании 1,2 и т.д. на разных ступенях иерархии. Это может быть взаимодействие как сотрудников отдела закупок (в компании 1,2,.. N) и отдела по работе с клиентами (компания А), так и на более высоком уровне взаимодействие руководителей обеих компаний при решении стратегических вопросов. Линия перехода 5 характеризует тот важный аспект, как компания А проявляет заботу и внимание к своим клиентам на разных уровнях взаимодействия.

В том случае, если все линии перехода функционируют нормально в обоих направлениях, можно сказать, что компания, с одной стороны, хорошо проявляет себя на макроуровне, то есть в полной мере обладает быстротой и гибкостью реакции на изменения рынка и, с другой стороны, на микроуровне заботится о каждом своем клиенте.

Таким образом, отвечая на вопрос, какие ценности необходимо преследовать компаниям промышленного сектора, можно сказать:

1. Позиционирование продукта – это то, что решает реальные задачи профессионального покупателя – задача макроуровня (рис. 2) компании-продавца, задача разработки и производства материальной составляющей продукта [5].

2. Предоставление не только решения поставленной задачи, но и ценности данного решения для профессионального покупателя, задача промежуточного уровня (рис. 2) или задача маркетинговой составляющей компании.

3. Забота о компании-покупателе, то есть более личностные отношения между сотрудниками компании-покупателя и компании-продавца на всех ступенях иерархии – задача

микроуровня, которая в основном подразумевает воздействие на уровне реальных людей.

4. Взаимодействие различных уровней компании (рис. 4, 5) в прямом и обратном направлении позволяет компании приобрести гибкость в предоставлении как успешного и актуального решения (продукта), так и ценностей продукта, мотивируя тем самым сотрудников компании-продавца не просто исполнять свои обязанности, но и проявлять заботу и энтузиазм в своих действиях.

Библиографический список

1. Минет, С. Промышленный маркетинг: принципиально новый подход к решению маркетинговых задач / С. Минет. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – С. 105–119.
2. Лейкер, Дж. Система разработки продукции в Toyota: люди, процессы, технология / Дж. Лейкер. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. – С. 33–42.
3. Траут, Дж. Позиционирование. Битва за узнаваемость / Дж. Траут, Э. Райс. – СПб.: Питер, 2004. – С. 15–49.
4. Кунде, Й. Корпоративная религия / Й. Кунде. – СПб.: Стокгольмская школа экономики в Санкт-Петербурге, 2002. – С. 18–20.
5. Уэбстер, Ф. Основы промышленного маркетинга / Ф. Уэбстер. – М.: Издательский дом Гребенникова, 2005. – С. 29–30.

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ МЕБЕЛЬНОГО РЫНКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕПОЧКИ ЦЕННОСТЕЙ ПОРТЕРА

А.А. ДАШКОВ, *проф. каф. менеджмента и информационных технологий МГУЛ, канд. техн. наук*,
Г.М. ДЕМИДОВ, *соискатель каф. менеджмента и информационных технологий МГУЛ*

dashkov@mngul.ac.ru; gmdemidov@ya.ru

Во время экономического кризиса классической ситуацией на рынке является сокращение спроса на продукцию производителей. На рис. 1 представлено состояние рынка в условиях стабильной экономики и изменения во время кризиса [1], где Q – количество проданного товара, p – цена товара, спрос (d) и предложение (S) находятся в равновесии. Однако, если доходы потребителей сокращаются (см. рис. 1, где $d1$ – новый уровень спроса), а рассматриваемый товар не является предметом первой необходимости, то положение кривых изменится.

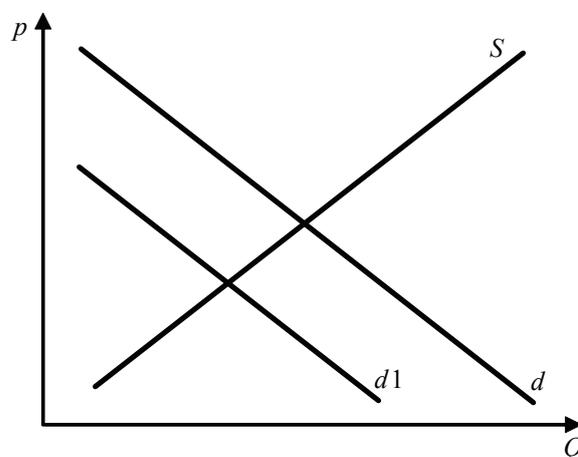


Рис. 1. Рынок во время кризиса

Предприятия в этой ситуации вынуждены снижать объемы производства или искать и осваивать альтернативные и более эффективные методы работы. Из рыночных законов понятно, что снижение объемов производства ведет к увеличению стоимости товара, а это, в свою очередь, ведет к дальнейшему спаду спроса на товар. Таким образом, у предприятий в условиях экономического кризиса остаются следующие методы противодействия:

1. Снижение объемов производства при сохранении стоимости продукта.

2. Сохранение объемов производства при значительном снижении цены.

Естественно, что в таких условиях весьма трудно ожидать повышения уровня конкуренции, но опыт мебельного рынка говорит об обратном.

Российский мебельный рынок до кризиса 2008 г. являлся одним из самых конкурентных в стране. По данным отчета отраслевой выставки «Мебель», в 2008 г. на нем активно работали 476 предприятий [2], в 2009 г. экономический кризис внес свои коррективы, и в выставке «Мебель 2009» участие приняли 426 организаций [3], что на 11 % меньше, чем в предыдущем году. Российский рынок даже в условиях экономического спада остается привлекательным для иностранных предприятий и, как следствие, на него выходят новые участники, такие как Kika, Castorama. Российские производители чувствительно отнеслись к кризису, сократив присутствие на выставках и начав уменьшать присутствие на рынке, снижая количество отдельно стоящих торговых точек и подиумов в крупных торговых центрах. Следует отметить, что в настоящий момент производители играют главную роль в формировании рынка мебели. Качество мебели, ширина и глубина ассортимента, представленного на торговых площадках, зависит, прежде всего, от работы отделов маркетинга производителей. Прогрессивные предприятия используют различные инструменты, позволяющие учитывать мнения целевой аудитории при разработке продукта (опросы, фокус группы, мозговой штурм), но в большинстве идеи новых товаров идут от внутренних отделов предприятий. Кроме того, российский рынок

отличается большой степенью неоднородности потребителей. Во-первых, маргиналы – потребители, для которых решающим фактором при принятии положительного решения о покупке мебели является низкая цена. Ко второй группе можно отнести потребителей, для которых цена является не последним фактором при выборе мебели, но стиль, а также качество изготовления они ставят на высокое место. Эта группа может позволить себе покупать мебель в кредит при нехватке свободных денежных средств. Третья группа – это «офисные потребители». К данному типу потребителей можно отнести юридических лиц, объемы закупок которых могут варьироваться от одного офисного кресла до полной мебелировки офисного здания. Эти потребители включают только те предприятия, которые используют приобретенную мебель по прямому назначению и не продают сразу после покупки. Четвертая группа – это обеспеченные индивидуальные потребители. Клиенты мебельных компаний из этой категории, прежде всего, рассматривают соответствие покупаемой мебели их стилю и на стоимость не обращают особого внимания. Зачастую эта категория потребителей может найти удовлетворение потребностей лишь в импортной мебели. Поведение потребителей зависит от их доходов – с увеличением доходов потребители могут позволить себе переходить в иной сегмент и изменять структуру потребления и расходов.

Анализируя мебельный рынок, можно представить две основные модели, по которым развивается этот сегмент экономики страны. Первая модель – ориентированная на производителя, вторая – ориентированная на ритейл. В статьях «Бизнес-модели мебельного рынка России» [4], и «Формы ведения розничного мебельного бизнеса на примере локального рынка города Мытищи» [5], были проанализированы более частные случаи моделей развития мебельного ритейла. Ниже приводится анализ двух моделей, объединяющих ранее рассмотренные в этих статьях.

Модель, ориентированная на производителя

На рис. 2 представлена модель, ориентированная на производителя – производс-

твенная. Получая мебель от производителя, розничный продавец реализует ее конечному потребителю, затем осуществляет гарантийное обслуживание, если оно требуется. Для рассматриваемой модели характерно, что взаимодействие между производителем и дилером сводится к следующим функциям:

1. Передача мебели производителем продавцу;
2. Снабжение продавца технической документацией;
3. Возврат бракованной мебели продавцом производителю;
4. Предоставление продавцом производителю отзывов о продукции, если это предусматривается.



Рис. 2. Модель, ориентированная на производителя

Таким образом, производитель в этой модели является основой формирования условий работы и рынка. Никаких особых информационных потоков от продавца к производителю нет. Производитель определяет ассортимент выпускаемой мебели, продавцов, с которыми будет сотрудничать, а также районы, в которых будет открывать торговые точки. Такой подход предоставляет производителям большую свободу и самостоятельность.

Образцами такого подхода к работе на мебельном рынке является большинство мебельных предприятий, среди них Шатура-мебель, Дятьково, мебельная фабрика «8 марта». Эти производители играют ведущую роль в отношениях с дилерами, они также развивают собственные торговые сети, загружая внутренние административные системы производителя, что дополнительно усложняет процесс работы. Такая ситуация ведет к размыванию основных компетенций, усложнению процесса управления предприятием и, как следствие, невозможности выполнять миссию предприятия на рынке. Не всегда в таких случаях производитель может определить целевую аудиторию своего продукта и целевую аудиторию конкретного места продаж.

Данная схема работы «Производитель → Ритейлер → Потребитель» распро-

странена за счет того, что она была первой и единственной схемой, по которой работали предприятия СССР, когда производство главенствовало над реализацией, а потребители положительно реагировали на каждый товар, который производился по заранее утвержденному плану. При переходе к рыночной экономике большинство отраслей перешли на работу с этой модели на более эффективную, ориентированную на ритейлера, которую рассмотрим ниже, однако, как видно, «производственная модель» еще жизнеспособна на мебельном рынке. Использование модели, ориентированной на производителя, возможно на рынках естественных монополий, существование которых обусловлено либо естественными правами монополиста, либо соображениями экономической выгоды для всего государства и населения, либо существование данной отрасли связано с соображениями национальной и общественной безопасности [4]. Но мебельный рынок является конкурентным и слишком открытым для монополизации. Таким образом, на нем существует не только производственная модель, но и модель, ориентированная на ритейлера.

Модель, ориентированная на ритейлера

Рассматриваемая модель – ритейлерская – показана на рис. 3. Здесь ведущим является дилер (ритейлер).

На современном рынке предприятия-производители зачастую не в силах осуществлять все процессы, которые требует рынок. Некоторые функции приходится отдавать на аутсорсинг.



Рис. 3. Модель, ориентированная на ритейл

Для производителя наиболее рационально сконцентрировать усилия на технических параметрах, эксплуатационных характеристиках и стандартах качества, которые требует его целевая аудитория, то есть процессах, в которых сильны профессиональные компетенции. Ритейлер, в свою очередь, в этой модели приобретает ведущее значение. Розничный дилер определяет, ка-

кие товары ему необходимы в соответствии с запросами целевой аудитории, получает информацию об удовлетворении потребностей и осуществляет торговую функцию. Гарантийное обслуживание берет на себя также ритейл, но только в той ее части, где потребитель соприкасается с этой необходимостью, выполняя функцию «дружественного интерфейса». Эта модель начала распространение в России с появлением первого гипермаркета ИКЕА. Ассортимент этого ритейлера формируется разными производителями. Компания сама разрабатывает дизайн, технические данные, а производство осуществляется на заводах, удаленных от центрального офиса компании. Таким образом, производители имеют возможность уделять максимальное внимание качеству производимого товара, а ритейлеры эффективно осуществляют свою прямую функцию.

Анализ моделей с использованием цепочки ценностей Портера

Как мы установили ранее, мебельный рынок фактически поделен между двумя основными моделями ведения бизнеса: производственной и ритейлерской. Рассмотрим эти модели с использованием цепочки ценностей Портера [6], (рис. 4).

Модель, ориентированная на производителя, формируется фактически двумя предприятиями. Все первичные функции, равно как и поддерживающие мероприятия, осуществляет производитель. Внутренние отде-

лы производителя осуществляют функцию поиска новых сотрудников, доставки товара к местам продажи, инвестиционного планирования, обслуживания производственного оборудования. Вторым предприятием, формирующим эту модель, является ритейлер. Значимость ритейлера в этих условиях значительно снижена, часто ритейлер также является внутренним отделом производителя. Таким образом, создается предприятие, занятое во всех процессах, глава которого должен принимать решения, касающиеся всех звеньев цепочки ценностей. В этом есть свои плюсы – власть в цепочке «Производитель → Ритейлер» централизуется у производителя, позволяя ему определять условия работы, но минусы значительнее: предприятие не может гибко реагировать на запросы рынка и предугадывать потребности, что является основой в создании конкурентных преимуществ.

Предприятия мебельной промышленности, столкнувшиеся с проблемой дороговизны производства внутри страны (как правило, это предприятия Западной Европы и США), вынуждены переносить эти процессы в другие страны: Китай, Восточную Европу, регионы России с более низкой оплатой труда. Кроме того, высокая конкуренция вынуждает предприятия специализироваться в узких областях: либо обработка древесины, либо производство какого-либо виде мебели, либо функции логистики, либо выполнение функций продаж. Предприятия, работающие по этой модели, более гибкие.



Рис. 4. Цепочка ценностей Портера

В ритейлерской модели за каждый участок работы отвечает конкретное предприятие:

- за хранение и производство отвечает производитель, который зачастую находится в иной стране;
- за обработку заказов ответственна компания, предоставляющая услуги call-центра;
- продвижение и исследования осуществляют маркетинговые и рекламные агентства;
- монтаж, сервис и обслуживание осуществляет авторизованное предприятие;
- наем и подготовку сотрудников проводит HR-агентство.

В ритейлерской модели есть место внутренней конкуренции между предприятиями, осуществляющими обслуживание различных звеньев цепочки. Это, в свою очередь, ведет к поиску более эффективных методов работы и, как следствие, улучшению качества обслуживания и производства. Таким образом, в условиях конкурентной среды у модели, ориентированной на ритейл, появляются преимущества, которые позволяют предприятиям выигрывать в конкурентной борьбе у предприятий, использующих модель, ориентированную на производителя.

На основе проделанной работы мы получили следующие выводы.

1. Мебельный рынок России является привлекательным для иностранных предприятий, об этом свидетельствует выход новых предприятий на рынок в условиях экономического кризиса 2008–2009 гг.

2. Производственная модель эффективна для монополизированных рынков.

3. Использование производственной модели на конкурентном рынке является наследием плановой экономики и не может эффективно работать в условиях рыночной экономики.

4. Модель, ориентированная на ритейлера, ведет к развитию не только рынка, на

котором она используется, но и развивает сопутствующие рынки.

5. За счет конкуренции внутри модели, ориентированной на ритейлера, между звеньями, стремящимися обслуживать потребности этой модели, повышается качество работы самой модели.

6. Ритейлер может более эффективно осуществлять коммуникации потребителей с производителем, точно определяя потребности рынка.

7. Ритейлерская модель является более конкурентоспособной, и адаптация к ней мебельных предприятий, которые работают по производственной модели, является условием успешной конкурентной борьбы.

Библиографический список

1. Тарануха, Ю.В. Микроэкономика: учебник для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям / Ю.В. Тарануха; под общ. ред. проф. А.В. Сидоровича. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство «Дело и Сервис», 2009. – 608 с.
2. Выставка: Мебель-2008. Участники. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – [М.]: Выставка «Мебель», сор. 1997–2010. – Режим доступа: <http://www.meb-expo.ru/ru/participants/>
3. Выставка: Мебель-2008. Участники. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – [М.]: Выставка «Мебель», сор. 1997–2010. – Режим доступа: <http://www.meb-expo.ru/ru/participants2009/>
4. Дашков, А.А. Бизнес-модели мебельного рынка России / А.А. Дашков, Ф.И. Симановский // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – № 1. – С. 171–176.
5. Дашков, А.А. Формы ведения розничного мебельного бизнеса на примере локального рынка города Мытищи / А.А. Дашков, Г.М. Демидов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – № 1. – С. 177–179.
6. Большой экономический словарь – 5-е изд. доп. и перераб. / под ред. А.Н. Азриляна. – М.: Институт новой экономики, 2002. – 1280 с.
7. Value chain analysis [Электронный ресурс] // Proven models: [web-сайт]. – Режим доступа: <http://www.provenmodels.com/26/value-chain-analysis/michael-e.-porter>

ЗАТРАТНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЛЕСНЫХ БЛАГ

Г.А. ПРЕШКИН, доц. каф. экономики и управления УГЛТУ, канд. техн. наук

hpreshkin@usfeu.ru

Затратный подход предусматривает оценку полного воспроизводства или стоимости полного замещения оцениваемого лесного имущественного комплекса за вычетом физического, морального и экономического износов. Согласно принципу остаточной продуктивности земли, доход, оставшийся после покрытия всех затрат на привлечение других факторов, относится к земельному участку [1]. Важным и сложным моментом затратного подхода к оценке лесной недвижимости является определение износа. Известно, что износ – это утрата полезности и стоимости объектами лесной недвижимости и полезных функций независимо от причин, ее вызвавших.

Лесной земельный участок при наличии на него прав может значительно повысить свою рыночную стоимость. Косвенный учет стоимости оформленных прав землепользования проводится через поправки (в зависимости от вида права) на месторасположение при сравнительном подходе и через дифференциацию величины ставки арендной платы (ренты) в зависимости от условий месторасположения – при доходном подходе.

Основные факторы, влияющие на рыночную стоимость лесных благ:

1. *Характеристика лесных благ.* Средоформирующим объектом как предметом оценки является лес, который на географической территории представляет собой экономический актив в том случае, если какое-либо благо имеет рыночный спрос и в результате обмена собственник актива имеет доход. Иначе, лес – это явление природы, выполняющий комплекс биосферных функций, и тогда он имеет иную, не рыночную стоимость, которая определяется по другим стандартам и критериям оценки [2].

Многие исследователи приравнивают величину стоимости средоформирующих полезностей леса к стоимости древесных ресурсов, другие считают, что стоимость древесных ресурсов в несколько раз меньше стоимости полезных функций лесов [3,4]. Это вызвано

тем, что природные свойства лесонасаждения высшего класса бонитета коррелируются с их лучшими средоформирующими функциями, т.е. с наличием всего того, что образует каркас ценностей экологического потенциала территории – сырьевых, климатических и социальных.

2. *Методы определения стоимости лесных благ.* Для определения величины уставного капитала акционерного общества с долей государства (как собственника лесного фонда РФ) в виде материального актива, может выступать стоимость лесных насаждений и их полезных функций [5]. В этом случае доля вклада может оцениваться с использованием, так называемого *метода балансовой стоимости*, которая исчисляется как нормативная (кадастровая) стоимость. Методикой устанавливается порядок оценки недвижимости на землях лесного фонда и иных категорий, если там расположены лесные насаждения. В условиях ценовой нестабильности (инфляция, колебания валютных курсов) балансовая стоимость доли уставного капитала в форме лесной недвижимости пересчитывается в соответствии с колебанием индексов названных факторов.

2.1 *Метод восстановительной стоимости (МВС)* является затратным, ориентированным на объемы ранее произведенных затрат на создание объекта оценки. Этот метод ориентирован на оценку стоимости лесных насаждений искусственного и естественного происхождения с учетом длительности их выращивания, таксационных и других параметров, состояния глобального экологического значения. Оценка средообразующих функций лесов по схеме МВС осуществляется методом прямого счета всех видов затрат на лесовыращивание, при этом учитывается текущий уровень цен и сложившиеся на данный момент экономические условия. Таким образом, расчет по схеме МВС непосредственно «восстанавливает» данный лесной объект и определяет стоимость такого вос-

становления. Следует отметить возможные изменения остаточной стоимости лесных объектов оценки в связи не только с их физическим, но и моральным износом.

2.2 Метод замещения (МЗ) по своему содержанию почти идентичен МВС. Различие состоит в том, что в методах замещения восстанавливаемый объект при проведении сметно-финансовых расчетов принимается адекватным оцениваемому лесному объекту, как по своему целевому назначению, так и по виду функционального использования. Вместе с тем лесные насаждения подвергаются лесохозяйственным мероприятиям (улучшениям) в направлении учета современных требований к лесам и технологических возможностей их использования (развитие инфраструктуры, лесная мелиорация и др.).

Таким образом, если в методах восстановительной стоимости расчеты ведутся для вычисления точных копий объектов оценки, то в методах замещения используются их функциональные копии. Этим самым в методологию оценивания лесных объектов через идею замещения объектов вносится еще одна экспертная составляющая, которая поднимает проблему обоснованного выбора функциональной копии оцениваемого объекта. Изменения могут быть необходимыми, например, для исключения древесных пород с низкими эколого-биологическими особенностями на крутосклонах для выполнения почвозащитных функций и препятствия развитию эрозионных процессов [7]. И наоборот, включение в состав насаждений прогрессивных сочетаний хвойных и лиственных древесных пород, кустарников, способных максимально задерживать и поглощать техногенные загрязнения – газы, аэрозоли, пыль, тяжелые металлы, радиоактивные элементы, городской шум и др.

Замещения имеют место как в методе восстановительной стоимости, так и в МЗ, где принимается в расчет динамика физического износа (неплошные рубки) и морального старения (перестойные леса) объекта недвижимости. При этом определенную специфику вносит работа с измененными и вновь внесенными улучшениями в сравнении с первоначальным состоянием древостоя, его элементами и окружающей средой, поскольку динамика их износа будет отличаться от замещенных элементов и подсистем.

Затратный подход к оценке средоформирующих и средозащитных функций леса предусматривает следующий алгоритм расчетов (рисунок).

Восстановительную стоимость (стоимость замещения) лесного насаждения определяют (в зависимости от цели оценки) с использованием основных методов:

– *стоимостный метод* предполагает использование проектно-сметной документации и применение системы корректирующих коэффициентов пересчета. При этом могут использоваться как интегральные коэффициенты пересчета для различных природно-транспортных условий (таксационные параметры насаждений, характеристика рельефа и дорожно-транспортных условия, включая удаленность от путей общего пользования), так и коэффициенты пересчета, отдельно учитывающие сезонные удорожания заработной платы, материалов, эксплуатации машин и механизмов;

– *ресурсный метод* оценки основан на определении стоимости лесных благ (древесных и недревесных ресурсов и полезных функций лесов) в текущих региональных рыночных ценах с последующим добавлением стоимости оплаты труда, эксплуатации машин и механизмов, прочих работ и затрат;



Рисунок. Общий алгоритм расчета стоимости лесного участка при затратном подходе

– *модульный метод* оценки стоимости лесных благ заключается в дифференциации их по видам. Данный метод целесообразно использовать для приближенной оценки экологической стоимости лесных территорий при недостатке исходной информации. В этом случае достаточно определить стоимость ведущих ресурсов (модулей), чтобы, исходя из их стоимости, определить примерный долевого вклад в общей экологической стоимости территории;

– *метод сравнительной единицы (метод удельной стоимости)* лесной площади, при котором скорректированная стоимость единицы измерения умножается на количество единиц оцениваемого природного объекта. Единицами измерения могут быть: ликвидный запас древесины по породам и группам качества на одном гектаре (куб. м); урожай ягод, грибов, лекарственных трав и других даров леса (кг на 1 га) или количество единиц животных и птиц на 1000 га угодий и др. Это наиболее простой способ, но он всегда требует корректировки стоимости лесного блага в зависимости от степени экономической доступности объектов оценки с учетом экологических ограничений добычи (использования) популяций и экологических систем во избежание их деградации [8];

– *метод разбивки по компонентам древостоя* основан на оценке недвижимого имущества по ступеням толщины и группам качества и умножения на долю компонент (весов) в массиве оцениваемого объекта на лесном участке. В качестве компоненты могут выступать древесные породы, ступени толщины деревьев, их товарность (разряд высот, выход деловой), вид рубок и целевое назначение лесопользования. Агрегированными показателями оценки являются региональные технико-экономические нормативы потенциального, технологически доступного выхода и стоимости 1 кубометра каждого вида круглых лесоматериалов при эксплуатации насаждения на лесном участке. Эти показатели напрямую зависят от товарных свойств деловой древесины конкретного насаждения, его разряда высот (основной показатель средоформирующего потенциала леса), среднего диаметра на уровне груди оцениваемого дре-

востоя, вида рубок (степени изреживания), таксационной оценки выхода деловой древесины в насаждении и других параметров его состояния;

– *метод количественного обследования* или опытных раскряжек хлыстов служит для создания и уточнения нормативных коэффициентов выхода и стоимости 1 м³ круглых лесоматериалов при наличии отклонений от обычных технологий их производства, изменений нормативов технических требований на лесоматериалы и колебания их стоимости в зависимости от внешних и внутренних факторов. Это наиболее трудоемкий метод, но он при выполнении такой работы дает наиболее полную и объективную информацию для оценки лесных объектов недвижимости по основному кругу потребностей.

3. *Определение износа эксплуатационного насаждения.* В оценочной деятельности экономический износ является основным фактором, влияющим на стоимость объекта недвижимости при использовании затратного подхода. Износ, применительно к лесному насаждению, служит не только для выявления различий в характеристиках его таксационных свойств, но и в зависимости от состояния древостоя (после пожара, поражения насекомыми, после подсочки, постепенных рубок, наличие редины и др.). Учет износа объекта оценки на лесном участке осуществляется в виде корректировок текущей стоимости оцениваемого объекта с учетом аналога – не тронутого рубками лесного насаждения, получившего к дате оценки определенный комплекс затрат на выполненные лесоводственные мероприятия.

В странах с рыночной экономикой при оценке коммерческой недвижимости доля стоимости земли составляет в среднем 20 % от общей стоимости объекта оценки [9]. Несмотря на то, что это усредненная величина, она может применяться и в нашей стране до научного уточнения этой пропорции. Отметим, что при оценке лесных земель различного функционального назначения должен соблюдаться принцип наилучшего и наиболее эффективного использования коммерческой стоимости находящихся на земельном участке лесных благ. Оценка рыночной стоимости

лесного участка в рамках лесного регламента включает обследование:

- местоположения лесного участка через наличие элементов визуального закрепления его границ на местности, плана участка с реестром дирекционных углов поворота и описанием их координат, расстояние от центра участка до пункта франко;

- физические и правовые характеристики земельного участка: площадь, рельеф местности, наличие ручьев, водных объектов, участков с низкой несущей способностью грунтов, породный состав и общий запас древесины на 1 га, целевое назначение и категория защитности лесов, форма собственности и категория земель;

- технико-экономические показатели потенциальной стоимости технологически доступных ресурсов лесных продуктов с учетом экологических ограничений на их добычу;

- прав собственности на лесной участок и насаждения.

Понятие «износ», используемое в данном случае для оценки, и понятие «износ», используемое бухгалтерами, отличаются по содержанию друг от друга. Термин «износ» в теории оценки понимается как утрата полезности объекта и, следовательно, стоимости по различным причинам, а не только вследствие фактора времени. В бухгалтерском учете под износом понимается перенос издержек на себестоимость продукции на протяжении нормативного срока службы объекта недвижимости. В практике оценки лесных благ применяется несколько методов определения износа экологических подсистем: метод срока жизни (оборот рубки) и метод разбиения на виды износа (выборочные, постепенные, санитарные и другие виды рубок ухода за лесом, пожары и др.).

Метод срока жизни. Срок экономической жизни насаждения – это временный интервал, в течение которого его можно использовать, извлекая прибыль. Объем и интенсивность проведения лесохозяйственных мероприятий должны окупаться адекватным приростом стоимости насаждения.

Для деревьев некоторых древесных пород особенно характерно то, что в опре-

деленном возрасте возникает изменение их функционального назначения, которое ведет к изменению величины их экономического потенциала.

Срок экономической жизни деревьев снижается после достижения эффективного возраста (класса возраста спелости), который основан на экспертной оценке таксатором внешнего вида деревьев с учетом их физического и биологического состояния. Срок оставшейся экономической жизни насаждений (перестойные леса) составляет период от даты таксационной оценки до окончания экономической жизни элементов леса. В искусственных насаждениях срок оставшейся экономической жизни единый, в естественных (девственных) лесах он, как правило, уменьшается с увеличением класса возраста элементов леса.

Устойчивое и непрерывное пользование лесами предполагает периодическое извлечение из насаждения деревьев, достигших возраста спелости, однако он не всегда совпадает с эффективным экономическим возрастом. На срок экономической жизни влияют многие факторы, такие как внешние и внутренние факторы, традиции и запросы потребителей и др., которые могут в принципе резко изменить оставшийся срок экономической жизни деревьев. Например, вырубка молодых еловых (пихтовых) деревьев для новогодних торжеств и др. Однако при оценке насаждения этот факт не принимается во внимание как существенно влияющий на оставшийся срок его экономической жизни. Данный метод основан на визуальном осмотре деревьев и базируется на положениях методики, использование которой формирует выводы, основанные на опыте и суждениях оценщика леса [2].

Метод расчета износа (определение класса товарности) предполагает, что выход деловой древесины в ликвиде, выраженный в процентах, отражает типичный срок жизни так же, как процент накопленного износа отражает издержки на воспроизводство лесов.

В общем виде взаимосвязь между износом, восстановительной стоимостью, эффективным возрастом деревьев определенной древесной породы и типичным возрастом

экономической жизни для насаждения (или его элемента) можно выразить формулой

$$И / ВС = ЭВ / СЭЖ, \quad (1)$$

где И – износ;

ВС – восстановительная стоимость;

ЭВ – эффективный возраст;

СЭЖ – срок экономической жизни.

Этот метод может применяться либо для расчета накопленного износа насаждения на лесном участке, включающего физический, функциональный и внешний износы, либо для расчета только одного вида износа.

Применение данного метода оценки доказывает, что лесные насаждения одного и того же физического возраста в зависимости от их состояния, количества проведенных рубок ухода за лесом будут иметь различный износ (товарность).

Метод разбиения по видам износа заключается в учете всех видов износа: устранимого физического, неустраняемого физического, устранимого функционального, неустраняемого функционального износа. Функциональный износ, связанный с улучшениями лесных участков, делится на устранимый и неустраняемый износ. Если износ устраним, то он определяется как разница между затратами на устранение условий, снижающих ценность территории, ресурсов леса или благоустройство местности и затратами на устройство таких улучшений на новом месте.

Например, стоимость посадки пирамидального тополя вдоль новой дорожной магистрали составляет 130000 руб. на 100 погонных метров. Замена обычных тополей на пирамидальные обходятся в 150000 руб. на 100 погонных метров. Тогда функциональный износ на каждые 100 пог. м посадок составит 20000 руб.

Заметим, что насаждения, имеющие в своем составе деревья с пороками и дефектами формы ствола свыше допустимых технических норм, не считаются имеющими неустраняемый износ, если затраты на его устранение превосходят потенциальные выгоды от продажи насаждения в целом. Физический износ определяется путем наземной сплошной или выборочной оценки насаждений на лесных участках. Значение величины износа опреде-

ляется опытным путем, с применением приборов и знаний оценщика (таксатора) лесов.

В соответствии с этим методом накопленный износ определяется как сумма физического, функционального и внешнего износа

$$НИ = 1 - (1 - \text{ФизИ}) \cdot (1 - \text{ФункИ}) \cdot (1 - \text{ВнИ}). \quad (2)$$

Физический износ – ухудшение физического состояния объекта оценки включает любое его физическое изнашивание и определяется путем суммирования устранимого и неустраняемого износа.

$$\text{ФизИ} = \text{ФизИ}_{\text{устр.}} + \text{ФизИ}_{\text{неустр.}}. \quad (3)$$

Расчет неустраняемого износа связан с оценкой затрат на выполнение комплекса работ по удалению из состава насаждения тех деревьев, которые являются (или могут служить) причиной общего снижения товарности объекта оценки (древостоя)

$$\text{ФизИ}_{\text{неустр.}} = \sum_{i=1}^m V_i \times S_i, \quad (4)$$

где V_i – объем деревьев с неустраняемым i -м видом износа независимо от причин, его вызвавших, м^3 ;

S_i – затраты на удаление 1 м^3 стволовой древесины с i -м неустраняемым износом, руб.

В теории оценок имеется понятие износа, которое вызвано избытком определенных качеств объекта оценки. Если обратить внимание на алгоритм затратного подхода при оценке объекта, который предусматривает вычитание износа из полной стоимости восстановления, то станет очевидным, что излишества, имеющиеся у объекта, снижают его стоимость. Ими могут быть, например, излишне высокие деревья вдоль тротуаров и на газонах, которые в случае сильных порывов ветра представляют опасность падения на людей и транспорт, снижают эстетическую ценность городского ландшафта, его видеозекологию.

Поэтому стоимость таких излишеств должна быть вычтена из общей стоимости восстановления и рассматривается как функциональное неустраняемое устаревание (экономически нецелесообразное). Внешний (экономический) износ выражается в снижении функциональной пригодности лесной недвижимости, вызванной внешними по-

отношению к ней негативными причинами (кислотные дожди, агрессивная пыль и др.). Внешний износ в большинстве случаев неустраним. Он рассчитывается двумя способами: *методом парных продаж*, когда сравниваются два сопоставимых лесных участка, один из которых имеет признаки внешнего износа, а у другого они значимо меньше. Разница в стоимости трактуется как внешний износ. *Метод капитализации* учитывает внешний износ через валовый рентный мультипликатор [1]. Допустим, стоимость лесного участка № 1 как объекта оценки составляет 400000 руб. Его валовый рентный мультипликатор равен 4, а у оцениваемого лесного участка № 2 он равен 5. Тогда потенциальный валовый доход (ПВД₁) объекта оценки № 1 равен: $ПВД_1 = 400000 / 4 = 100000$ руб, а оцениваемый лесной участок № 2 имеет $ПВД_2 = 400000 / 5 = 80000$ руб. Следовательно, внешний износ равен 20000 руб. Однако при этом необходимо учитывать, что часть износа (около 20 %) относится к земле.

Добавление стоимости земли к стоимости замещения. При затратном подходе оценка рыночной стоимости лесного участка осуществляется только при условии юридически оформленного имущественного права (права собственности, вещных и обязательственных прав). Стоимость лесного участка определяется как сумма стоимостей замещения лесных ресурсов, а остальную часть составляет стоимость полезных функций леса (конкретная стоимость которых составляет отдельный спектр исследований), которая и включается в общую стоимость лесного земельного участка как стоимость земли (метод остатка).

Таким образом, использование названных методов оценки позволяет методически

однозначно использовать затратный подход при определении стоимости лесной недвижимости в рамках требований нормативных документов высшего уровня [6, 10].

Библиографический список

1. Петров, В.И. Оценка стоимости земельных участков: учебное пособие / В.И. Петров; под ред. М.А. Федотовой. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: КНОРУС, 2008.
2. О правилах проведения лесоустройства: – Постановление Правительства РФ от 18.06.2007 г. № 377.
3. Кондратьев, К.Я. Баланс углерода в мире и в России / К.Я. Кондратьев и др. // Изв. РАН. Сер. географ. – 2002. – № 4. – С. 7–17.
4. Агатьев, В.В. Проблемы рационального управления использованием природных ресурсов (на примере лесопользования): монография. – М.: ООО «Паритет Граф», 2001.
5. Прешкин, Г.А. Лесопользование в условиях новой экономики / Г.А. Прешкин // Ресурсосберегающие и экологически перспективные технологии и машины лесного комплекса будущего: Матер. междунар. научн.-практ. конф. – Воронеж: изд-во ВГЛТА, 2009. – С. 391–397.
6. Стандарты оценки, обязательные к применению субъектами оценочной деятельности. – Постановление Правительства РФ от 06.06.01 г. № 519.
7. Рекомендации по проектированию лесокультурных комплексов в лесной зоне Свердловской области / под ред. И.А. Фрейберг. – Свердловск: изд-во ин-та леса УрО АН СССР, 1988.
8. Прешкин, Г.А. Эколого-экономическая оценка пищевых ресурсов дикой природы / Г.А. Прешкин, А.Б. Слепак // Продовольственная безопасность в системе народосбережения: Матер. междунар. научн.-практ. конф. // Отв. за выпуск М.В. Федоров, В.П. Иваницкий. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2006. – С. 203–208.
9. Асаул, А.Н. Экономика недвижимости. 2-е изд. / А.Н. Асаул. – СПб.: Питер, 2008.
10. Об оценочной деятельности в Российской Федерации: федеральный закон от 29.07.1996 № 135-ФЗ

Обыденников В.И., Юдакова А.С., Абдураимова Э.М. ЛЕСОВОДСТВЕННЫЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЛЕСОВ.

Показаны возможности использования некоторых лесоводственных методов при изучении рекреационных лесов на разных уровнях (на биогеоценозном, ландшафтном).

Ключевые слова: лесоводственные методы, рекреационные леса, биогеоценоз.

Obydennikov V.I., Yudakova A.S., Abduraimova E.M. SILVICULTURAL ASPECTS OF RESEARCH OF RECREATIONAL FORESTS.

Possibilities of use of some silvicultural methods are shown at studying of recreational forests at different levels (on biogeocenosis, landscap).

Key words: silvicultural methods, recreational forests, biogeocenosis.

Родин С.А., Родин А.Р. ПОВЫШЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР ПОСАДОЧНЫМ МАТЕРИАЛОМ С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ.

В статье рассмотрены вопросы роста и формирования корневых систем в корнезакрытом субстрате посадочного материала, выращенного в лесном питомнике. Выявлено влияние корнезакрытого субстрата посадочного материала и плодородия почв лесокультурной площади на интенсивность роста корней сосны обыкновенной в лесных культурах. Даются рекомендации по ускорению выхода корней из корнезакрытого субстрата при посадке посадочного материала в лесные культуры.

Ключевые слова: корнезакрытый субстрат, формирование корневых систем, выход корней из корнезакрытого субстрата.

Rodin S.A., Rodin A.R. PROMOTION OF FOREST PLANTATIONS PERFORMANCE WITH CONTAINERIZED PLANTING STOCK.

This article covers issues of root systems growth and development in containerized substrate of planting stock produced in forest nursery. Impacts of planting stock containerized substrate and plantation soil fertility on Scotch pine root growth intensity in forest plantations have been identified. Recommendations to boost root emergence out of containerized substrate in planting stock field planting are provided.

Key words: containerized substrate, root system development, root emergence out of containerized substrate.

Гиниятуллин Р.Х. СРЕДООЧИЩАЮЩИЕ ФУНКЦИИ ТОПОЛЯ БАЛЬЗАМИЧЕСКОГО И БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ.

В работе представлены материалы по оценке относительного жизненного состояния и аккумуляции металлов различными надземными органами тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в условиях техногенного загрязнения Стерлитамакского промышленного центра (СПЦ). Показано, что в целом насаждения тополя бальзамического и березы повислой СПЦ способны накапливать значительное количество техногенных металлов в условиях промышленного центра.

Ключевые слова: *Populus balsamifera* L., *Betula pendula* Roth., техногенное загрязнение.

Giniyatullin R.Kh. ENVIRONMENT CLEANING FUNCTIONS OF (BALSAM) POPLAR AND BIRCH UNDER INDUSTRIAL POLLUTION CONDITIONS.

The paper presents the results on estimate of relative vital conditions and accumulating of metals by different aboveground organs of poplar (*Populus balsamifera* L.) and birch (*Betula pendula* Roth) under conditions of anthropogenic pollution (the Sterlitamak industrial center (SIC)). In shown, that in whole plantation of *Betula pendula* Roth. *Balsamifera* of SIC are capable to accumulate significant of anthropogenic metals under industrial center conditions.

Key words: *Populus balsamifera* L., *Betula pendula* Roth., anthropogenic pollution.

Лебедев Е.В. ФОТОСИНТЕЗ, МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ И СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ПРИ СОВМЕСТНОМ ВЫРАЩИВАНИИ.

В микрополевом опыте на серой лесной почве при совместном выращивании березы повислой и сосны обыкновенной в пределах толерантности изучено взаимное влияние пород на фотосинтез, минеральное питание, функциональную активность листового аппарата и корневой системы, биологическую продуктивность и депонирование углерода.

Ключевые слова: береза повислая, сосна обыкновенная, взаимное влияние, фотосинтез, минеральное питание, минеральная продуктивность, биологическая продуктивность.

Lebedev E.V. PHOTOSYNTHESIS, MINERAL NUTRITION AND BIOLOGICAL EFFICIENCY OF PLANTS OF SILVER BIRCH AND THE SCOTCH PINE AT JOINT CULTIVATION.

In microfield experience on grey forest soil at joint cultivation silver birch and scotch pine within of tolerance it is investigated mutual influence of breeds on photosynthesis, a mineral nutrition, functional activity of the sheet device and root system, biological efficiency and deposition of carbon.

Key words: silver birch, scots pine, mutual influence, photosynthesis, mineral nutrition, mineral productivity, biological productivity.

Горичев Ю.П., Давыдычев А.Н., Кулагин А.Ю. ЖИЗНЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЕЛИ СИБИРСКОЙ И ПИХТЫ СИБИРСКОЙ В ЮЖНО-УРАЛЬСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ПРИРОДНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ.

На основе двух интегральных показателей – средней категории и индекса жизненного состояния – древостои ели на территории Южно-Уральского государственного природного заповедника характеризуются как здоровые, пихты – как ослабленные и сильно ослабленные. Выявлены различия в спектре распределения деревьев ели и пихты по категориям жизненного состояния.

Ключевые слова: ель сибирская, пихта сибирская, жизненное состояние.

Gorichev Yu.P., Davidychev A.N., Kulagin A.Yu. VITAL STATE OF THE STANDS OF SPRUCE SIBERIAN AND FIR SIBERIAN IN THE SOUTH URALS STATE NATURAL RESERVE

On the basis of two integral indices – medium category and index of vital state – the stands of spruce on the South Urals State natural reserve are characterized as healthy and stands of fir – as weakened and much weakened. Differences in the spectrum of distribution of spruce and fir trees by categories of vital state have been revealed.

Key words: spruce Siberian, fir Siberian, vital state.

Соколов П.А., Малышев В.С., Петров А.А., Поздеев Д.А. АНАЛИЗ СТРОЕНИЯ БЕРЕЗНЯКОВ ПРИКАМЬЯ ПО ДИАМЕТРУ СТВОЛОВ И ФИТОМАССЕ (НА ПРИМЕРЕ УДМУРТИИ).

В статье рассмотрены вопросы строения березняков Прикамья по диаметру стволов. На основании анализа экспериментального материала построены ряды распределения числа деревьев по ступеням толщины. Предложены нормативы абсолютно сухой массы стволов и крон деревьев по разрядам высот, которые могут быть использованы для таксации фитомассы при отводе лесосек, при создании древостоев для депонирования углерода.

Ключевые слова: модельные деревья, аналитическое выравнивание, строение березняков по диаметру стволов, сухая масса стволов и крон березы.

Sokolov P.A., Malyshev V.S., Petrov A.A., Pozdeev D.A. THE ANALYSIS OF BIRCH WOOD STRUCTURE IN KAMA REGION BY DIAMETER OF TRUNKS AND PHYTOMASS (on an example of Udmurtiya).

The problems of birch wood structure in Kama region by diameter of trunks have been considered in the article. On the grounds of an experimental data analysis the lines of different thickness' trees' grades

distribution are made. A completely dry mass of tree trunks and crowns standards by height levels have been offered, that can be used for phytomass rating by wood area derivating, by planting of trees for carbon deposition.

Key words: modelling trees, analytical alignment, structure of birch forests on diameter of trunks, dry weight of trunks and birch crones.

Глазун И.Н., Скок А.В., Самошкин Е.Н. ВОЗДЕЙСТВИЕ ХРОНИЧЕСКОГО ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В РАЙОНЕ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ (СМЕШАННЫХ) ЛЕСОВ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РФ (БРЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ).

Увеличение мощности экспозиционной дозы не изменяет всхожесть, выравнивает массу семян сосны обыкновенной, усиливает макромутационные процессы организма.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, хвойные и широколиственные леса, масса семян.

Glasun I.N., Skok A.V., Samoshkin E.N. INFLUENCE OF A CHRONIC IONISING RADIATION ON SOWING QUALITIES OF SEEDS OF A PINE ORDINARY IN AREA CONIFEROUS AND DECIDUOUS (ADMIXED) FORESTS OF THE EUROPEAN PART OF THE RUSSIAN FEDERATION (BRYANSK RANGE).

The increase in capacity of an exposition dose does not change shoots and weight of seeds of a pine ordinary, strengthens macromutational processes of an organism.

Key words: radioactive pollution, coniferous and is wide-deciduous woods, weight of seeds.

Жуков А.М. ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТЕНИЙ-ЭКЗОТОВ В ЛЕСНЫХ КУЛЬТУРАХ И В ОЗЕЛЕНЕНИИ.

Породы, интродуцированные на территории России для использования в лесных культурах и в целях озеленения, переносят патогенные грибы, ранее на территории России неизвестные, либо отмеченные в единичных случаях и поэтому слабо изученные. В числе таких естественных комплексов «растение-хозяин и гриб-патоген», которые обнаружены нами, следует назвать потенциально опасные: сосна веймутова является переносчиком грибов *Phacidiopycnis pseudotsugae*, *Diplodia thujae*, *Hypoderma brachysporum*, *Lophodermium nitens*; сосна крымская (палласова), черная австрийская являются переносчиками грибов *Dothistroma septospora*, *Diplodia pinea*, *Cyclaneusma minus*, *Botryosphaeria ribis* с анаморфой *Dothiorella gregaria*; ели колючая и канадская являются переносчиками грибов *Diplodia pinea*, *Discella strobilina*, *Megaloseptoria mirabilis*; Перенесенные с посадочным материалом хвойных пород – интродуцентов грибы представляют опасность для местных аборигенных пород – сосны обыкновенной, сосны сибирской кедровой, пихты европейской и сибирской, ели обыкновенной.

Ключевые слова: древесные интродуценты, патогенные грибы, грибные болезни.

Zhukov A.M. EXOTICS-PLANTS USING LIKE A PROBLEM IN THE SILVICULTURE AND GARDENING.

Information of introduced trees 'and shrubs' diseases in plantings in European Russia. Data on occurrence of little known coniferous disease pathogens are given. This fungi are caused a plant disease at a main coniferous tree species. Fungi disease of a needles at *Pinus strobus* caused by: *Phacidiopycnis pseudotsuga*, *Diplodia thujae*, *Hypoderma brachysporum*, *Lophodermium nitens*. In a stands *P.pallasiana*, *P.nigra* in a needles of trees and lives the fungus – *Dothistroma septospora*, *Diplodia pinea*, *Cyclaneusma minus*, *Botryosphaeria ribis* with stadium perfectum *Dothiorella gregaria*. *Diplodia pinea*, *Discella strobilina*, *Megaloseptoria mirabilis* has been caused fungi disease of a needles *Picea canadensis*, *P.pungens*.

Key words: introduced trees and shrubs, fungal pathogens, diseases of plants.

Климачева Т.В. ЭКОЛОГО-ЛЕСОВОДСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНОГО ПАРКА «ШАРКАН» УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ.

В статье рассматриваются вопросы современного состояния природного парка, а также влияние современной и прошлой хозяйственной деятельности, с целью поиска путей устойчивого развития территории парка.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории (ООПТ), национальный парк, природный парк, рекреация, ландшафты, комфортность, устойчивость, привлекательность.

Klimacheva T.V. ECOLOGICAL – FORESTRY AN ESTIMATION OF NATURAL PARK «SHARKAN» OF THE UDMURT REPUBLIC.

In article questions of a current state of natural park, and also influence of modern and last economic activities, for the purpose of search of ways of a sustainable development of territory of park are considered.

Key words: especially protected natural territories (EPNT), national park, natural park, a recreation, landscapes, comfort, stability, appeal.

Сурсо М.В., Барзут О.С. ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ХВОЙНЫХ В БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЕ. ЕЛЬ В УРОЧИЩЕ ПЫМ-ВА-ШОР.

Урочище Пым-Ва-Шор расположено на северо-востоке Большеземельской тундры. Изучение особенностей роста и развития хвойных видов, произрастающих в этих экстремальных климатических условиях, представляет интерес. В работе приводятся результаты исследований роста и морфологии генеративной и вегетативной сфер ели (*Picea abies* Ledeb.) в урочище Пым-Ва-Шор, выполненных в рамках Полярной комплексной экспедиции, проведенной в ноябре 2009 года Институтом экологических проблем Севера УрО РАН.

Ключевые слова: Пым-Ва-Шор, тундра, ель, радиальный прирост, генеративные и вегетативные органы.

Surso M.V., Barzut O.S. THE GROWTH AND MORPHOLOGY PECULIARITIES OF CONIFEROUSES IN BOLSHEZEMELSKAYA TUNDRA. 1. SPUCE IN PYM-VA-SHOR AREA.

The Pym-Va-Shor area is situated in Bolshezemelskaya tundra near polar circle. In such hard conditions the coniferous species life history investigations have some definite interest. The morphology and growth peculiarities of spruce (*Picea obovata* Ledeb.) in Pym-Va-Shor area are studied by carrying out the Polar complex expedition in November 2009.

Key words: Pym-Va-Shor, tundra, fir-tree, radial gain.

Бурова Н.В., Торбик Д.Н., Феклистов П.А. ИЗМЕНЕНИЕ ФЛОРИСТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПОСЛЕ ВЫБОРОЧНЫХ РУБОК В ЕЛЬНИКАХ ЧЕРНИЧНЫХ.

В статье отражены особенности изменения видового разнообразия растений после выборочных рубок ухода в ельниках черничных. Выявлено резкое увеличение флористического разнообразия в первые годы после рубки и его сокращение в дальнейшем. Отмечены различия эколого-ценотической структуры сообществ на вырубках разного возраста.

Ключевые слова: биоразнообразие, флористическое разнообразие, выборочные рубки, ельники черничные.

Burova N.V., Torbik D.N., Feklistov P.A. CHANGE OF A FLORISTIC DIVERSITY AFTER SELECTIVE FELLINGS IN FIR GROVES BILBERRY.

In article features of change of a specific diversity of plants after selective fellings of care in fir groves bilberry are reflected. Revealed a sharp increase in floristic diversity in the first years after felling and its reduction further is revealed. Distinctions ekologo-tsenoticheskoy structures of associations on cuttings down of different age are noted.

Key words: biodiversity, floristic diversity, selective fellings, groves bilberry.

Новикова У.Е. ОПЫТ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЯНЦЕВ ДУБА КРАСНОГО В УСЛОВИЯХ ПОДМОСКОВЬЯ.

Рассматриваются опыты выращивания сеянцев дуба красного в условиях питомников северо-запада Московской области. Полученные данные показывают целесообразность введения данной породы в леса центральной части Европейской зоны России.

Ключевые слова: выращивание сеянцев, дуб красный, интродуценты.

Novikova U.E. THE EXPERIENCE OF THE CULTIVATION OF THE SEEDLINGS OF THE RED OAK IN CONDITIONS OF MOSCOW REGION.

The experience of the cultivation of the seedlings of the red oak under the conditions of the nurseries of the northwest of Moscow region is examined. Obtained data prove the expediency of the introduction of this species into the forests to the central region of the European zone of Russia.

Key words: cultivation of the seedlings, red oak, introducts.

Захарова Л.И. ОЦЕНКА РЕПРОДУКТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА КЛЕН (ACER L.) В УСЛОВИЯХ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ.

Данная работа содержит анализ статистических показателей линейных и весовых признаков плодов исследуемых видов клена, сравнительную оценку параметров плодов, собранных в различных населенных пунктах Нижегородской области. Проанализированы посевные качества семян, поведение семян в условиях грунтового посева.

Ключевые слова: интродукция, адаптация, экзот, семенная репродукция, жизнеспособность, доброкачественность.

Zakharova L.I. THE ESTIMATION OF REPRODUCTIVE ABILITY OF REPRESENTATIVES OF THE SORT THE MAPLE (ACER L.) IN CONDITIONS OF THE NIZHNIY NOVGOROD AREA.

The given work contains the analysis of statistics of linear and weight attributes of fruits of researched kinds of a maple, a comparative estimation of parameters of fruits collected in various settlements of the Nizhniy Novgorod area. Sowing qualities of seeds, behaviour of seeds in conditions of soil crop are analysed.

Key words: introduction, acclimatization, exotic plant, seed production, grow power, adequate quality.

Иванов А.В. ТЕМПЕРАТУРНАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ РОСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ У ЕЛИ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ ЮЖНОЙ ПОДЗОНЫ ТАЙГИ.

Анализируются фенологические особенности роста культур ели различного географического происхождения в связи с температурными условиями. Построена корреляционная матрица для показателей роста, суммы эффективных температур и географических координат материнских насаждений испытываемых провениенций.

Ключевые слова: географические культуры, фенология, теплообеспеченность.

Ivanov A.V. THE TEMPERATURE CONDITIONALS OF GROWTH PROCESSES OF SPRUCE IN GEOGRAPHICAL CULTURES OF A SOUTHERN SUBSONE OF TAIGA.

Phenological features of a spruce cultures growth of a various geographic origins in connection with temperature are analyzed. The correlation matrix for parameters of growth, sum of effective temperatures and geographical coordinates of parent plantings of tested provenances is constructed.

Key words: geographical cultures, phenology, heat supply.

Майорова Е.И. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА О ЗАЩИТНЫХ ЛЕСАХ (НА ПРИМЕРЕ МОСКВЫ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ).

Анализируется состояние городских и пригородных лесов Москвы, приводится обзор существующего законодательства о защитных лесах. Указывается на необходимость законодательного закреп-

ления особого статуса и правового режима этих лесов как важнейшего условия сохранения благоприятной окружающей среды.

Ключевые слова: городские леса, защитные леса, рекреация, лесной кодекс, лесной план, рубка, строительство, особо охраняемые территории, деградация, правовой режим.

Mayorova E.I. THE CURRENT STATE OF THE LEGISLATION ON PROTECTIVE WOODS (ON THE EXAMPLE OF MOSCOW AND MOSCOW REGION).

The state of urban and suburban forests around Moscow is analyzed and the overview of the current law relating to protecting forests is given. The necessity of legalization of a special status and the law regime in these forests is interpreted as the main condition of preserving a favourable environment.

Key words: urban forests, protection forests, recreation, Forest Code, Forest Law, forest plan, felling, construction, designated territories, degradation, law regime.

Кругляк В. В. ПАРКИ САНАТОРИЕВ И КУРОРТОВ РОССИИ (НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ОБЛАСТЕЙ).

Дается краткая характеристика парков санаториев и курортов России (на примере Воронежской, Курской, Липецкой и Тамбовской областей). Парки санаториев и курортов России являются уникальными памятниками садово-паркового искусства, созданными на протяжении многих десятилетий, сохранение, восстановление, реконструкция и реставрация которых является важнейшим региональным и государственным делом.

Ключевые слова: лечебно-оздоровительные парки, сады санаториев, дома отдыха, курорты.

Kruglyak V.V. THE PARK OF SANATORIUMS AND HEALTH RESORTS OF RUSSIA (BY THE EXAMPLE OF CENTRALAND CHERNOZEM REGIONS).

The characteristic feature of parks of sanatoriums and health resorts of Russia is presented in the article (for example, Voronezh, Kursk, Lipetsk and Tambov regions). The parks of sanatoriums and health resorts of Russia are unique works of parks' and gardens' art, which were created during many decades. And their preservation, renewal, reconstruction and restoration are of regional and national importance.

Key words: health-improving parks, gardens of sanatoriums, holiday center, health resorts.

Котова А.В. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ЭСТЕТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗ СОСТОЯНИЯ НАСАЖДЕНИЙ В БОТАНИЧЕСКИХ ЭКСПОЗИЦИЯХ (НА ПРИМЕРЕ ЭКСПОЗИЦИЙ ДЕНДРАРИЯ ГБС РАН).

В статье приведены результаты сравнительного анализа существующих методик и шкал оценки городских насаждений и лесопарков, применительно к ботаническим экспозициям в ботанических садах. По результатам исследования разработана методика оценки эстетических свойств растений и насаждений в ботанических экспозициях. Обоснована рациональность использования данной методики на примере коллекции рода туя в дендрарии ГБС РАН.

Ключевые слова: эстетический облик, реконструкция, дублирование, ботанические экспозиции.

Kotova A.V. AESTHETIC ESTIMATION METHODOLOGY DEVELOPMENT AND FORECAST OF PLANTATION CONDITION IN BOTANIC EXPOSITIONS (ON THE EXAMPLE OF MBG RAS ARBORETUM EXPOSITIONS).

The results of the comparative analysis of existing methodologies and estimation scales of city plantings and woodland parks, with reference to botanical expositions in botanical gardens are shown in the article. The methodology of an estimation of aesthetic properties of plants and plantings in botanical expositions is developed on the basis of research results. Use of the given technique rationality is proved on an example of a collection of a sort a thuja in arboretum MBG the Russian Academy of Science.

Key words: aesthetic shape, reconstruction, duplication, botanical expositions.

Якимович С.Б., Тетерина М.А. УПРАВЛЕНИЕ СХЕМАМИ РАБОТЫ МАШИН В ОБРАБАТЫВАЮЩЕ-ТРАНСПОРТНЫХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ.

Изложены принципы управления схемами работы машин в обрабатывающе-транспортных лесозаготовительных системах, обеспечивающие снижение технологических площадей на лесосеке и синхронизацию систем.

Ключевые слова: схемы работы машин, технологическая площадь, синхронизация.

Yakimovich S.B., Teterina M.A. HARVESTING PROCESSING-TRANSPORTING SYSTEMS MACHINES WORKING SCHEMES CONTROL.

The principles of harvesting processing-transporting systems machines working schemes control, providing technological sawmill squares reduce and systems synchronization, are given.

Key words: machines working schemes, technological square, synchronization.

Афоничев Д.Н. АЛГОРИТМ РАСЧЕТА В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ЛЕСОВОЗНЫХ ВЕТОК И УСОВ.

Разработан алгоритм расчета оптимальных параметров размещения лесовозных веток и усов, которые соответствуют минимальным суммарным удельным затратам на строительство, ремонт и содержание ветки, строительство и содержание усов, вывозку по усам, устройство погрузочных пунктов, трелевочных волоков и трелевку древесины, а также требованиям по ограничению площади и ширины лесосек. Представленный алгоритм дополняет математическое обеспечение системы автоматизированного проектирования лесовозных автомобильных дорог.

Ключевые слова: алгоритм, автоматизированное проектирование, дорога.

Afonichev D.N. CALCULATION ALGORITHM IN THE SYSTEM OF OPTIMAL PARAMETERS AUTOMATED DESIGN FOR THE SPUR AND BRANCH ROADS ALLOCATION.

The algorithm of optimal parameters calculation for the branch and spur roads allocation is worked out. These parameters correspond to the minimized total specific expenses for the construction and maintenance of branch and spur roads, spur-road-based transportation, loading points, and skid ways design, lumber skidding, as well as to the requirements for cutting area space and width limitations. This given algorithm supplements mathematical support for the systems of logging roads automated design.

Key words: algorithm, automated design, road.

Дроздовский Г.П., Шоль Н.Р., Юсенхан В.И. ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ГИДРОСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЕМ ЛЕСНЫХ МАШИН.

Алгоритм проектирования структур гидропривода лесных машин не отражает принципов анализа видов, последствий и критичности отказов (АВПКО) его элементов. Гидросвязи элементов гидропривода является объектом воздействия отрицательных факторов, приводящих к нарушению герметичности системы, выбросу гидрожидкости в среду применения машин. Применение материалов с эффектом памяти формы в гидроцилиндрах создает перспективу создания гибридных структур гидропривода с сокращением числа гидроэлементов системы и количества гидролиний.

Ключевые слова: гидропривод лесных машин, низкая надежность, недостатки проектирования и системы управления, экологические и экономические последствия разгерметизации, принципы анализа видов, последствий и критичности отказов.

Drozdowsky G.P., Scholl N.R., Jusenhan V.I. THE SUBSTANTIATION OF A DIRECTION OF DESIGNING OF STRUCTURE OF A HYDROCONTROL SYSTEM OF THE EQUIPMENT OF WOOD CARS.

The algorithm of designing of structures of a hydrodrive of wood cars does not reflect principles of the analysis of kinds, consequences and criticality of refusals (AKCCR) its elements. Hydrocommunications

of elements of a hydrodrive is object of influence of the negative factors leading to infringement of tightness of system, to hydroliquid emission on Wednesday of application of cars. Application of materials with effect of memory of the form in hydrocylinders creates prospect of creation of hybrid structures of a hydrodrive with reduction of number of hydroelements of system and quantity of hydrolines.

Key words: a hydrodrive of wood cars, low reliability, designing and control system lacks, ecological and economic consequences разгерметизации, principles of the analysis of kinds, consequences and criticality of refusals.

Дац Ф.А., Назаренко А.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОТКАЗОВ РУКАВОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ЗАРУБЕЖНОЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ДЖОН ДИР В УСЛОВИЯХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ.

Качество рукавов высокого давления является одной из немаловажных причин безремонтной эксплуатации зарубежной лесозаготовительной техники Джон Дир. Каждый шланг имеет определенный срок службы, в зависимости от условий, в которых он эксплуатируется. Если он подвергается нагрузкам, превышающим рекомендованный лимит, срок его службы будет значительно короче. Для достижения максимальной производительности зарубежной лесозаготовительной техники Джон Дир и сокращения простоев, вызванных отказами рукавов высокого давления, необходимо учитывать факторы, влияющие на срок службы рукавов высокого давления, и проводить профилактические осмотры.

Ключевые слова: рукав высокого давления (РВД), «Джон Дир», фактор, гидравлика, отказы, техника, фитинг.

Nazarenko A.S., Dac F.A. STUDY OF THE INFLUENCE FIELD FAILURE SLEEVE OF THE HIGH PRESSURE ON EFFICIENCY OF THE WORK FOREIGN LESOZAGOTOVITELINOY TECHNOLOGY JOHN DIR IN CONDITION VOLOGODSKOY AREA.

The Quality sleeve high pressure is one of the of no small importance reasons безремонтной to usages foreign лесозаготовительной technology John Dir. Each hose has determined lifetime, depending on conditions, in which he is used. If he is subjected to the load, exceeding recommended quota, period of his(its) service will vastly shorter. For achievement of maximum capacity foreign лесозаготовительной technology John Dir and reductions simple, caused refusal sleeve high pressure, necessary to take into account the factors influencing upon lifetime sleeve high pressure and conduct the daily inspections.

Key words: the sleeve of the high pressure (RVD), «John Dir», the factor, the hydraulics, the refusals, the technology, fitting.

Прохоров В.Ю., Родионов А.И. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ УУКМ В ПОДШИПНИКАХ СКОЛЬЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ.

В данной статье рассматривается методика определения толщины втулки, изготовленной из углеродо-углеродного композитного материала и применяемой для подшипника скольжения в лесном технологическом оборудовании. При расчетах были учтены специфические особенности УУКМ, а именно, высокий уровень анизотропии и неоднородность материала. На основе анализа полученного решения были даны рекомендации по выбору оптимальных значений внешнего и внутреннего диаметра втулок в зависимости от действующих нагрузок.

Ключевые слова: УУКМ, анизотропный материал, подшипник скольжения.

Prohoroff V.J., Rodionoff A.I. DEFINITION OF THE THICKNESS CARBON-CARBON OF A COMPOSIT MATERIAL IN BEARINGS OF SLIDING OF THE PROCESS EQUIPMENT.

In given article the technique of definition of a thickness of the plug made of an carbon-carbon composit material and applied to the bearing of sliding in the wood process equipment is considered. At calculations specific features of composit material, namely, high level of anisotropy and heterogeneity of a

material have been considered. On the basis of the analysis of the received decision recommendations for choice optimum values of external and internal diameter of plugs depending on operating loadings have been made.

Key words: carbon-carbon composit material, anisotropy material, bearings of sliding.

Бурмистрова О.Н., Шоль Н.Р., Травин Н.Н. ДИНАМИКА ВАЛОЧНО-ПАКЕТИРУЮЩЕЙ МАШИНЫ В РЕЖИМЕ ПРЕОДОЛЕНИЯ ПРЕПЯТСТВИЯ МЕТОДОМ «ВЫВЕШИВАНИЯ».

В статье рассматривается прием «вывешивания» ходовой системы валочно-пакетирующей машины, который применяется при преодолении препятствий значительной высоты. Исследованиями установлено, что процесс преодоления препятствий значительной высоты методом «вывешивания» ходовой системы ВПМ сопровождается значительной динамической нагрузкой на силовую установку.

Ключевые слова: валочно-пакетирующая машина, препятствия значительной высоты, динамическая нагрузка.

Burmistrova O. N, Shol N.R., Travin N.N. DYNAMICS OF THE CAR FOR WOOD CABIN IN THE MODE OF OVERCOMING OF THE OBSTACLE «THE POSTING» METHOD.

In article reception of «posting» of running system of the car is considered for woods which is applied at overcoming of obstacles of considerable height are shaky. By researches it is established that process of overcoming of obstacles of considerable height by a method of “posting” of running system of the car for wood cabin is accompanied by considerable dynamic loading on a power-plant.

Key words: the car for cabin of wood, an obstacle of considerable height, dynamic loading.

Бурмистрова О.Н., Шоль Н.Р., Травин Н.Н. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВАЛОЧНО-ПАКЕТИРУЮЩЕЙ МАШИНЫ.

В статье ставятся задачи экспериментальных исследований нагруженности валочно-пакетирующих машин (ВПМ) при разборе завалов леса после ветровалов. Выявлены реальные динамические характеристики нагруженности ВПМ в процессе разбора завалов леса после ветровалов. Разработаны рекомендации по применению математического моделирования в инженерных расчетах и даны рекомендации по использованию ВПМ на разборке завалов леса.

Ключевые слова: валочно-пакетирующая машина, экспериментальные исследования, динамические характеристики.

Burmistrova O.N, Shol N.R., Travin N.N. THE TECHNIQUE OF EXPERIMENTAL RESEARCHES OF THE CAR FOR WOODS ARE SHAKY.

In article problems of experimental researches of loading on cars are put for woods are shaky at analysis of blockages of wood after hurricanes. Real dynamic characteristics of loading on cars are revealed for woods in the course of analysis of blockages of wood after hurricanes are shaky. Recommendations about application of mathematical modeling in engineering calculations are developed and recommendations about use of cars are made for woods on dismantling of blockages of wood are shaky.

Key words: the car for woods, experimental researches, dynamic characteristics are shaky.

Михалин П.А. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ, ПРОШЕДШИХ КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ.

В статье рассмотрены стенды для проведения ускоренных испытаний турбокомпрессоров дизельных двигателей и предложен новый усовершенствованный стенд, позволяющий при компактных размерах определить параметры и характеристики турбокомпрессоров дизельных двигателей в различные периоды эксплуатации, обкатки и регулировки.

Ключевые слова: стенд, приемо-сдаточные испытания, турбокомпрессор.

Mihaljin P.A. THE INCREASE OF STAND TESTS EFFICIENCY FOR COMPLETELY OVERHAULED TURBO COMPRESSORS.

The article studies the stands for quick tests of diesel engine turbo compressors as well as offers a new improved stand of a small size which gives the opportunity to estimate diesel engine turbo compressor characteristics in different periods of operation, running and tuning.

Key words: stand, acceptance test, turbo compressor.

Акинин Д.В., Прохоров В.Ю. БИОТОПЛИВО В ЛЕСНЫХ МАШИНАХ.

Необходимостью использования альтернативных источников является постоянное повышение цен на топливо, что отрицательно сказывается на экономике отечественных нефтепользователей, к которым относятся лесозаготовки. Из биотоплив для лесного комплекса, где весь тракторный и автомобильный парк оснащен дизелями, приоритет должен принадлежать биотопливу как на основе растительных масел – биодизельному топливу (биодизель), так и биотопливу второго поколения, получаемого из отходов лесной и деревообрабатывающей промышленности. В данной статье приведены результаты разработки с применением рапсового масла в качестве добавок к основному топливу на двигателях СМД, Д-21, Д-243, применяемых в лесных машинах, которые показали положительные результаты.

Ключевые слова: биотопливо, лесные машины, биодизель.

Akinin D.V., Prokhorov V.J. BIOFUEL IN WOOD CARS.

Necessity of use of alternative sources is constant rise in prices for fuel that negatively affects economy of domestic petrouisers which timber cuttings concern. From биотоплив for a wood complex where all tractor and the motor pool is equipped by diesel engines, the priority should belong to biofuel as on the basis of vegetable oils – to biodiesel fuel (biodiesel engine), and to biofuel of the second generation received from a waste of the wood and woodworking industry. In given article results of working out with application of rape oil as additives to the basic fuel on engines СМД, Д-21, Д-243, applied in wood cars which have shown positive results are resulted.

Key words: biofuel, wood cars, a biodiesel engine.

Руденко И.И. ИСПЫТАНИЕ ДИЗЕЛЯ НА БИОТОПЛИВЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ «МОТОРТЕСТЕРА МО 3-2».

В статье рассмотрена испытания и диагностика дизелей КАМАЗ-740, в котором показано, что содержание биодобавок в дизельном топливе влияет на измеряемые параметры. Ток, потребляемый стартером в момент пуска увеличивается, а напряжение АКБ в момент пуска уменьшается в зависимости от содержания биодобавок. Следующие измерения показали что, давление топлива увеличивается в зависимости от содержания биодобавок в дизельном топливе на разных оборотах двигателя, т.к. вязкость и плотность биотоплива выше, чем у дизельного топлива, поэтому нагнетательный клапан открывается позже, а закрывается раньше, чем на дизельном топливе. Мощность двигателя снижается в зависимости от биотоплива на 3%.

Ключевые слова: испытания, ток, напряжение, биодобавки, давление, дизельное топливо, вязкость, плотность, нагнетательный клапан, мощность, биотопливо.

Rudenko I.I. DIESEL TESTING ON BIOTOPLIVE BY MOTORTESTER MO 3-2.

To the article is examined testing and diagnostics of KAMAZ diesels - 740, in which it is shown that the content of biodobavok in the diesel fuel influences the measured parameters. Current consumed by starter at the moment of launching increases, and stress [AKB] at the moment of launching decreases in the dependence on the content of biodobavok. The following measurements showed that, the pressure of fuel increases depending on the content of biodobavok in the diesel fuel on the different engine revolutions, since viscosity and density of bio oil are higher than in diesel fuel; therefore delivery valve is opened more lately, and it is shut earlier than on the diesel fuel. The power of engine is reduced depending on bio oil to 3%.

Key words: testing, current, stress, biodobavok, the pressure, diesel fuel, viscosity, density, delivery valve, power, bio oil.

Болотов О.В. СИСТЕМА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАЦИОНАЛЬНОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ.

В статье рассмотрена задача совершенствования системы информационной поддержки принятия решений при планировании рационального лесопользования. Отмечено, что на современном этапе функционирования лесного комплекса России эти вопросы остаются актуальными. В работе приводятся результаты исследований по разработке автоматизированного планирования и проектирования сети лесных дорог с одновременным определением экономической эффективности освоения участков лесного фонда. Приведен усовершенствованный алгоритм решения указанной задачи и пример его реализации.

Ключевые слова: система информационного обеспечения, планирование рационального лесопользования, экономическая эффективность.

Bolotov O.V. INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM DECISION WHEN PLANNING FOREST MANAGEMENT.

The paper deals with the task of improving the system of information support for decision-making in the planning of sustainable forest management. It is noted that at the present stage of the forest complex of Russia, these issues remain relevant. The paper presents the results of studies on the development of automated planning and design of forest road network, while the definition of economic efficiency of development of the forest. An improved algorithm for solving this problem and an example of its implementation.

Key words: information management system, planning forest management, economic efficiency.

Борисов В.А., Казначеева Н.И., Свиридов О.В., Чувенков А.Ю. ОЦЕНКА ЭРГОНОМИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ.

Эргономическое качество автомобильных дорог оценивается по результатам проверки степени их соответствия функциональным требованиям водителей. За критерий соответствия принимается признак нормального функционирования механизмов адаптации организма водителя к условиям деятельности.

Ключевые слова: качество автомобильных дорог, эксплуатационные характеристики, эксплуатация лесовозных дорог.

Borisov V.A., Kaznacheeva N.I., Sviridov O.V., Chuvankov A.J. ASSESSMENT OF THE ERGONOMIC QUALITY OF FOREST ROADS.

Ergonomic quality of roads is estimated based on examining the extent of their compliance with functional requirements of drivers. For the criterion of conformity shall sign the normal functioning of the mechanisms of adaptation to the conditions of the driver.

Key words: quality of roads, performance, maintenance of forest roads.

Скрыпников А.В., Свиридов О.В., Чувенков А.Ю., Рязанцева М.И. БЛАГОПРИЯТНАЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНАЯ СИТУАЦИЯ ДЛЯ ВЪЕЗДА ОДИНОЧНЫХ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ НА АВТОМОБИЛЬНУЮ ДОРОГУ ИЛИ СЪЕЗДА С НЕЕ.

В работе рассмотрены вопросы благоприятной дорожно-транспортной ситуации для въезда одиночных лесовозных автопоездов на автомобильную дорогу или съезда с нее, получены расчетные значения параметров для разных интенсивностей движения по прямым горизонтальным участкам.

Ключевые слова: дорожно-транспортная ситуация, автомобильная дорога, интенсивность движения.

Skrypnikov A.V., Sviridov O.V., Chuvankov A.J., Ryazantseva M.I. FAVOURABLE ROAD-TRANSPORT SITUATION FOR ENTRANCE OF SINGLE LOG TRUCKS ON CAR ROAD OR TAKEOFF.

The paper reports on such questions as favourable road-transport situation for entrance of single log trucks on car road or takeoff. Calculation meanings of parameters for different movement intensities along straight horizontal tracts are received.

Key words: road-transport situation, car road, movement intensities.

Игнатов В.И. ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СОЗДАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ И РЕМОНТНЫХ ДОКУМЕНТОВ.

Дан анализ технологий представления данных об изделии и недостатков в преподавании дисциплин для специальности инженер-механик, а также предложения по совершенствованию учебного процесса.

Ключевые слова: интегрированные электронные технические руководства, эксплуатационные и ремонтные документы.

Ignatov V.I. THE BASIC TENDENCIES OF CREATION OF OPERATIONAL AND REPAIR DOCUMENTS.

The analysis of technologies of data presentation about a product and lacks of teaching of disciplines for a speciality the mechanical engineer, and also offers on perfection of educational process is given.

Key words: the integrated electronic technical managements, operational and repair documents.

Асеева Р.М., Серков Б.Б., Сивенков А.Б., Дегтярев Р.В., Круглов Е.Ю., Тарасов Н.И., ТЕПЛОЫДЕЛЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ РАЗЛИЧНОГО ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ВОЗРАСТА.

В статье представлены результаты исследования влияния продолжительности эксплуатации древесины различных пород на характеристики тепловыделения при ее горении. Установлено, что изменение характеристик тепловыделения в результате естественного и искусственного старения во многом связано с изменением ее химического и элементного состава, а также объемной массы.

Ключевые слова: древесина, тепловыделение, естественное и искусственное старение, химический состав.

Aseeva R.M., Serkov B.B., Sivenkov A.B., Degtyaryov R.V., Kruglov E.Ju., Tarasov N.I. «HEAT RELEASES OF WOOD WITH DIFFERENT OPERATIONAL AGE».

In the article results of the study of effect of operational age of wood of different species on heat release characteristics are presented. It is established that the change of heat release characteristics in result of natural and artificial ageing is connected basically with the change of chemical and element composition.

Key words: wood, heat release, natural and artificial ageing, chemical composition.

Самолдин А.Н., Багатурия В.В. ПРОБЛЕМА ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНО-РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ (НА ПРИМЕРЕ г. МОСКВЫ).

В статье ставится вопрос о необходимости утилизации древесно-растительных отходов, на примере отходов, образующихся в лесопарковом хозяйстве. Рассмотрены методы утилизации древесно-растительных отходов, а также выявлен наиболее подходящий метод утилизации для города Москвы, а именно, метод полевого компостирования.

Ключевые слова: компостирование, компост, древесно-растительные отходы, переработка древесно-растительных отходов.

Samoldin A.N., Bagurtiya V.V. PROBLEM OF CONVERSION OF WOOD AND PLANT WASTE (AS AN EXAMPLE OF MOSCOW).

In the article the author considers the problem of necessity for utilisation of wood and plant wastes nascent in the forest-park husbandry of Moscow. Also the author considers the different possible methods of utilization of wastes and shows up the more effective and ecological method of utilization of wood and plant wastes for Moscow, namely, the method of field composting.

Key words: composting, compost, wood and plant waste, conversion of wood and plant waste.

Лукин М.В. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ В ДЕРЕВОКЛЕЕННЫХ КОМПОЗИТНЫХ БАЛКАХ.

В статье рассматриваются вопросы повышения эффективности использования древесины в деревоклееных композитных балках. Разработанная технология производства композитных балок поз-

воляет выпускать конкурентоспособные конструкции при снижении производственных затрат. Совершенствование технологических процессов предусматривается за счет создания системы стадийности производства, совмещения отдельных видов работ и применения современного технологического оборудования. Основной областью применения балок является их использование при реконструкции ветхого жилья, а также при строительстве нового малоэтажного строительства.

Ключевые слова: повышение эффективности, деревоклееная композитная балка, древесина, технология производства, стадийность производства, совершенствование технологических процессов, область применения, эксперимент, расчет.

Lukin M.V. INCREASE OF EFFICIENCY OF USE OF WOOD IN WOOD CLUE COMPOUND BEAMS.

In article questions of increase of efficiency of use of wood in wood glue compound beams are considered. The developed technology of manufacture compound beams, allows to let out competitive designs at decrease of industrial expenses. Perfection of technological processes is provided due to creation of system stage manufactures, overlapping of separate kinds of works and application of the modern technological equipment. The basic scope of beams is their use at reconstruction of shabby habitation, and also at construction new constructions.

Key words: increase of efficiency, wood glue compound beam, wood, the technology of manufacture, stage manufactures, perfection of technological processes, a scope, experiment, calculation.

Тарасов С.М., Азаров В.И., Кононов Г.Н., Иванова А.М. КАТИОННЫЕ КРАХМАЛЫ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МОДИФИКАТОРЫ АМИНОАЛЬДЕГИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ.

Осуществлен синтез модифицированных карбамидомеламиноформальдегидных олигомеров по оригинальной методике. В качестве модификаторов были исследованы различные виды катионных крахмалов. Исследована стабильность водных растворов олигомеров и влияние катионных крахмалов на нее.

Ключевые слова: катионные крахмалы, карбамидомеламиноформальдегид, водный раствор.

Tarasov S.M., Azarov V.I., Kononov G.N., Ivanova A.M. CATIONIC STARCHES – PERSPECTIVE MODIFIERS OF AMINE-ALDEHYDIC OLIGOMERS.

The synthesis of modified carbamide-melamine-formaldehyde oligomers on an original technique is carried out. As modifiers the various kinds of cationic starches were investigated. The stability of water solutions of oligomers and influence of cationic starch on it is investigated.

Key words: cationic starches, carbamide-melamine-formaldehyde, water solutions.

Бурков В.Д., Потапов В.Т., Потапов Т.В., Удалов М.Е. ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН НА ОСНОВЕ НИЗКОКОГЕРЕНТНОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ.

Описан экспериментальный стенд для измерения малых перемещений и расстояний, в котором используется метод спектральной низкокогерентной волоконно-оптической интерферометрии. Приведены результаты экспериментальных исследований и измерений базы микроинтерферометров Фабри-Перо, образуемых торцами оптических волокон, а также кремниевой подложкой и мембраной. Показана возможность создания ВОД давления с чувствительным элементом на основе кремниевых микроструктур.

Ключевые слова: волоконно-оптические датчики, низкокогерентная интерферометрия, фабри-перо.

Burkov V.D., Potapov V.T., Potapov T.V., Udalov M.E. THE FIBER-OPTICS SENSORS IN THE BASE OF LOW-COHERENCE INTERFEROMETRY.

The experimental stand for measurement of small distances and shifts the method of spectral low-coherence fiber-optic interferometry are described. The experimental results of measurement of base Fabry-

Perot, formed by to fibers and silicon membranes are given. The possibility of creating pressure fiber-optic sensors is shown.

Key words: fiber-optics sensors, low-coherence interferometry, fabry-perot

Бурков В.Д., Черемисин М.В. ТЕХНОЛОГИЯ ГИБКИХ ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩИХ СИСТЕМ В МИКРОВОЛНОВОМ МОНИТОРИНГЕ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ.

Показана структура построения ГИМС-технологий, область решаемых задач и основные методы реализации технологии. Рассматриваются основные принципы микроволнового мониторинга растительности как элемента ГИМС-технологии. Проводится краткий анализ существующих зарубежных глобальных информационных систем, концепция построения которых близка к принципам ГИМС-технологий. Описываются их основные особенности построения и области применения.

Ключевые слова: ГИМС-технологии, глобальные информационные системы, структура построения, область применения.

Burkov V.D., Cheremisin M.V. TECHNOLOGY OF FLEXIBLE INFORMATION-MODELING SYSTEMS IN MICROWAVE MONITORING OF NATURAL PROCESSES.

The structure of building GIMS-technology, the region solved problems and the main methods of implementing technology are showed. The basic principles of microwave monitoring of vegetation are considered as part of GIFT-technology. Short analysis of existing international global information systems, the concept of building which is close to the principles of GIMS-based technologies are conducted. Their main features and scope of use are described.

Key words: GIMS-technology, global information systems, structure of building, scope of use.

Комаров Е.Г. РАСПОЗНАВАНИЕ СОСТОЯНИЙ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ИХ РЕЙТИНГОВЫХ ОЦЕНОК.

В статье предлагается модель определения рейтинговых оценок объектов, которая используется для распознавания состояний объектов и анализа динамики их функционирования. Разработанная модель позволяет корректно оперировать не со значениями характеристик, а с безразмерными абстрактными величинами – значениями их функций принадлежности.

Ключевые слова: рейтинговые оценки, состояние объекта, функция принадлежности.

Komarov E.G. RECOGNITION OF OBJECTS' STATES BASED ON THEIR RATING POINTS.

The article proposes a model to determine objects' rating points, which is used to recognize the states of objects and to analyze the dynamics of their functioning. The model allows to operate correctly not with the meanings of characteristics but with dimensionless abstract values – the values of their membership functions.

Key words: rating points, state of object, membership function.

Комаров Е.Г. ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМ ЭТАЛОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА.

В статье предлагается модель построения систем эталонных характеристик при проведении сравнительного анализа информации образовательного процесса на примере определения эталонного образа специалиста. Модель позволяет дифференцированно подходить к рейтинговому оцениванию студентов, учитывая специфику выбранной специальности и направление их будущей профессиональной деятельности.

Ключевые слова: образовательный процесс, эталонный образ специалиста, рейтинговые оценки.

Komarov E.G. CREATION OF SYSTEMS OF STANDARD CHARACTERISTICS IN A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EDUCATIONAL PROCESS.

The article proposes a model for creating systems of standard characteristics in a comparative analysis of the educational process on the example of determining the standard image specialist. The model allows a differentiated approach to the ranked evaluation of students, given the specificity of the chosen specialty and the direction of their future professional activity.

Key words: educational process, standard image specialist, rating points.

Дорошенко В.А., Друк Л.В. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ КОМПОНОВКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ.

Предложено математическое описание компоновки технологической структуры первичной обработки древесного сырья в виде композиции гиперграфов и их матричного представления.

Ключевые слова: математическое описание, древесное сырье, технологическая структура.

Doroshenko V.A., Druk L.V. THE MATHEMATICAL DESCRIPTION OF CONFIGURATION OF TECHNOLOGICAL STRUCTURE OF WOOD RAW MATERIALS.

The mathematical description of technological structure in the form of a composition of hypergraphs and their matrix representation is offered.

Key words: mathematical description, wood raw materials, technological structure.

Иванова М.Э. ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ДОРОГ.

В статье рассмотрены ГИС-технологии на примере системы MapInfo Professional для проектирования лесных дорог. Произведен анализ существующей транспортной инфраструктуры и спрогнозировано дальнейшее развитие лесных дорог.

Ключевые слова: лесные дороги, географическая информационная система (ГИС), проектирование лесных дорог.

Ivanova M.E. THE EMPLOYMENT OF GIS-TECHNOLOGIES FOR DESIGNING FOREST ROADS.

In the article GIS-technologies are considered by example MapInfo Professional system for designing forest roads. The compatible transport infrastructure is analyzed and the further development of forest roads designing is predicted.

Key words: forest roads, geographical information system (GIS), designing forest roads.

Дашков А.А., Судаков К.А. МАРКЕТИНГОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КОМПАНИИ СЕКТОРА РЫНКА В2В.

В данной статье рассматривается маркетинговая составляющая компании В2В сектора рынка, ретроспектива маркетинговой деятельности компаний В2В и развитие маркетинга области товаров для бизнеса на современном рынке. Анализ отдельных составляющих компании В2В, таких как производство, НИР, отдел сбыта и маркетинга, сервиса, позволяет построить модель общего взаимодействия всех направлений деятельности компании В2В. Обеспечение большей конкурентоспособности предложения на рынке В2В является актуализацией данной модели.

Ключевые слова: профессиональный покупатель, маркетинговая деятельность компании, потребительский рынок, рынок профессиональных товаров, высокоинтеллектуальные товары, конкурентное преимущество, материальные составляющие предложения, маркетинг продукта, модель компании, технический профессионализм компании, юридический профессионализм компании, организационный профессионализм компании, функциональные составляющие компании, макроуровень компании, промежуточный уровень компании, локальный рынок, маркетинговое послание,

корпоративная стратегия, корпоративные ценности, ориентация на клиента, маркетинговая позиция компании.

Dashkov A.A., Sudakov K.A. COMPANY'S MARKETING ACTIVITY IN B2B MARKET SEGMENT.

This article is about marketing activity in the company which business is focused on B2B market segment. It's considered view on growth and development of company's marketing activity in B2B segment. As a result we are able to create some model, which includes and connects different departments of the company, such as manufacture, research and development, sales, marketing, service and so on. The aim is to receive much more competitive offer as result with well-organized model of the company in B2B market segment.

Key words: professional buyer, marketing operation of company, consumers market, professional market, highly intellectual goods, competitive advantage, offers material component, highly tailored segment of market, product marketing, model of company, technological professionalism of company, law professionalism of company, organizational professionalism of company, functional parts of company, macro level of company, sublevel of company, customer-centred orientation, local market, marketing message, corporate strategy, corporate values, marketing position of company

Дашков А.А., Демидов Г.М. АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ МЕБЕЛЬНОГО РЫНКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕПОЧКИ ЦЕННОСТИ ПОРТЕРА.

Данная статья посвящена теме розничного мебельного бизнеса в текущих сложных экономических условиях и возрастающей конкуренции. В статье показана важность ритейла в формировании конкурентных преимуществ мебельной отрасли. Рассматриваются две основные модели, которые используются на современных рынках, а также проводится анализ конкурентоспособности этих моделей в современных условиях с использованием цепочки ценности Майкла Портера.

Ключевые слова: Ритейл, цепочка ценностей Майкла Портера, модель рынка, мебельный бизнес, мебельный ритейл, кризис 2008 года, Kika, IKEA, Castorama, сегментация потребителей, конкурентное преимущество.

Dashkov A.A., Demidov G.M. ANALYSIS OF MODELS FURNITURE MARKET WITH USING THE VALUE CHAIN OF MICHAEL PORTER.

This article focuses on the theme of the retail furniture business in the current difficult economic conditions and increasing competition. The article shows the importance of retail in the formation of competitive advantages of the furniture industry. The authors considering two basic models, which are used in today's market, as well as conducting an analysis of the competitiveness of these models in the present conditions, using the value chain of Michael Porter.

Key words: Retail, Michael Porter's value chain, market model, Furniture Business, Furniture retail, crisis 2008, Kika, IKEA, Castorama, consumer segmentation, competitive advantage.

Прешкин Г.А. ЗАТРАТНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЛЕСНЫХ БЛАГ.

В статье рассматриваются методы оценки лесной недвижимости при затратном подходе. Автор доказывает, что указанные методы оценки лесной недвижимости отвечают требованиям нормативных документов высшего уровня.

Ключевые слова: затратный подход, методы оценки, объекты лесной недвижимости, износ.

Preshkin H.A. EXPENDITURE APPROACH TO THE FOREST WEALTH EVALUATION.

The paper considers evaluation methods of forest as the object of estate. The author proves that the expenditure approach to the cost determination of the forest estate corresponds to the requirements of the existing state standards.

Key words: expenditure approach, methods of estimations, forest estate objects, depreciation.