



ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ЛЕСА

ЛЕСНОЙ ВЕСТНИК

Научно-информационный журнал

2013 г. № 3(95)

**Координационный
совет журнала**

Главный редактор
А.Н. ОБЛИВИН

Зам. главного редактора
В.Д. НИКИШОВ

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

Ответственный секретарь
Е.А. РАСЕВА

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

Журнал издается при поддержке
Научно-образовательной
ассоциации лесного комплекса

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

Свидетельство о регистрации
ПИ № 77-12923 от 17.06.2002

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

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

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

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

© ГОУ ВПО МГУЛ, 2013

Подписано в печать 25.04.2013.
Тираж 500 экз.
Заказ № 188
Объем 31,75 п. л.

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

СОДЕРЖАНИЕ

Лесное хозяйство

Дроздов И.И., Коженкова А.А., Белинский М.Н. <i>Репродукция сосны кедровой корейской в Подмосковье</i>	4
Рабцун А.С. <i>Методы идентификации клонов сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях</i>	7
Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н. <i>Многомерная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.) По морфометрическим параметрам семян</i>	11
Демина Н.А., Файзулин Д.Х., Наквасина Е.Н. <i>Структура потомства популяций ели разного географического происхождения по интенсивности роста и типам мутовчатости кроны</i>	17
Захарова Е.И. <i>Ход лигнификации клеток однолетних побегов некоторых древесно-кустарниковых представителей семейства бобовые (<i>Fabaceae</i> Lindl.), интродуцированных в Нижегородскую область</i>	22
Лебедев Е.В. <i>Биологическая продуктивность дуба черешчатого на уровне организма в онтогенезе в европейской части России</i>	28
Лебедев Е.В. <i>Продуктивность, фотосинтез и минеральное питание дуба черешчатого, березы пушистой и липы сердцевидной в европейской части России на уровне организма в онтогенезе</i>	33
Тарханов С.Н., Бирюков С.Ю. <i>Реакции листостебельных зеленых мхов на воздействие аэротехногенного загрязнения в условиях северной тайги бассейна Северной Двины</i>	40
Кутявин И.Н. <i>Возрастная структура древостоев старовозрастных сосняков в верховьях Печоры</i>	45
Мозолева Е.Г., Голубев А.В., Шарапа Т.В., Денисова Н.Б. <i>Методы оценки состояния насаждений и негативной роли вредителей и болезней</i>	52
Голубев А.В., Денисова Н.Б., Рубцов В.В. <i>Модели паразит-хозяин для принятия решений о целесообразности биологической борьбы</i>	59
Клюев В.С., Шелуха В.П. <i>Ландшафтно-экологическая приуроченность очагов типографа в Брянской области в период кульминации размножения</i>	61
Сабо Е.Д., Карминов В.Н., Коровин В.В. <i>Экологические аспекты создания водоемов в Подмосковье</i>	66
Захаров А.В., Алексеев И.А., Гусева О.Н., <i>Лесопатологическая обстановка и берегоразрушение в прибрежной части Чебоксарского водохранилища</i>	71
Захаров А.Ю., Чибисов Г.А. <i>Классификация деревьев при рубках ухода</i>	76
Погуляй К.С. <i>Роль расчетной лесосеки в обеспечении принципа непрерывности, неистощительности лесопользования</i>	80
Мурзинов Ю.В. <i>Повышение эффективности выращивания сосновых насаждений оптимизацией рубок ухода</i>	86
Дюкова Л.А. <i>Оценка почвенных условий произрастания декоративных пород в парковых насаждениях Южного берега Крыма</i>	90
Касимов Д.В., Касимов В.Д. <i>Экосистемные услуги музея-заповедника Л.Н. Толстого «Ясная поляна»</i>	95
Гиряев М.Д., Заварзин В.В., Иванов Н.Г. <i>Актуальные вопросы ведения лесного хозяйства в Московской области</i>	102
Краснякова Ю.В. <i>Психологические аспекты профессиональной деятельности прокурора по делам о лесных правонарушениях</i>	105
Деревообработка и химические технологии	
Колесникова А.А., Александрова Л.Г. <i>Резонансные свойства древесины лесоматериала по зонам радиуса</i>	109
Бърдаров Н. <i>Влияние некоторых факторов на акустические свойства древесины</i>	112
Харлов И.Ю., Постовалов Е.В. <i>Собственные нужды граждан в древесине: проблемы и их решение</i>	116
Шалаев В.С., Рыкунин С.Н. <i>Об использовании особенностей сучковатости пиловочного сырья при раскрое пиломатериалов</i>	118
Глебов И.Т., Глебов В.В. <i>Касательная сила резания при строгании кромок фанеры</i>	122
Кузнецов Е.Ю. <i>Обоснование параметров системы управления электромагнитной направляющей в круглопильных станках</i>	125
Черемных Н.Н. <i>Методология комплексного решения задач совершенствования оборудования и технологических процессов лесопильно-деревообрабатывающих производств в направлении снижения шума</i>	130

Губанова Н.В. <i>Моделирование процесса пропитки древесины жидкостью</i>	134
Липилин А.Б., Векслер М.В., Коренюгина Н.В., Морозов А.М., Кононов Г.Н., Косарев К.Л., Кудряшов А.В. <i>Тонкий помол и сушка древесного сырья в вихревой мельнице-нагревателе</i>	139
Федотов Г.Н., Шалаев В.С. <i>Использование коллоидно-химической модели для анализа процессов высушивания–увлажнения почв</i>	144
Лесоинженерное дело	
Афоничев Д.Н., Рыбников П.С. <i>Оптимизация в системе автоматизированного проектирования параметров размещения лесовозных усов и погрузочных пунктов на лесосеках</i>	150
Рукомойников К.П. <i>Имитационное моделирование взаимосогласованной работы комплектов адаптивно-модульных лесных машин</i>	154
Рукомойников К.П. <i>Разработка программного обеспечения к созданию рациональной технологической карты поквартального освоения участков лесного фонда</i>	159
Ширнин Ю.А., Ширнин А.Ю. <i>Моделирование энергозатрат систем машин при комбинированной трелевке древесины</i>	166
Клубничкин Е.Е., Макуев В.А., Клубничкин В.Е. <i>Определение нагруженности ходовой системы многооперационной лесосечной машины</i>	175
Павлов А.И., Лощенов П.Ю. <i>Способ диагностирования гидроцилиндров лесных машин в функциональном режиме</i>	178
Математическое моделирование	
Афанасьев А.С., Комаров Е.Г., Полушкин В.М. <i>Алгоритмическое обеспечение контроля виброустойчивости микроэлектромеханических преобразователей линейного ускорения</i>	181
Лось А.Б. <i>О предельном распределении числа достижений заданного уровня процессом скользящего суммирования</i>	184
Малолепшая Н.Э. <i>Нечеткая регрессионная модель для частного случая интервальных нечетких чисел второго типа</i>	190
Грязнов Я.А. <i>Математическая модель отсека каналовой поверхности, заданной дискретным каркасом образующих</i>	193
Усачев М.С., Дорошенко В.А. <i>Математическое описание компоновки распределенных систем управления с оценкой структурной избыточности и сложности</i>	196
Горячевский В.С. <i>Об одном способе конструирования оси динамического трубопровода</i>	202
Экономика	
Нарышкин А.А., Тюрин А.Е. <i>Особенности функционирования неоконсервативной модели экономики на примере лесопромышленного кластера Финляндии</i>	205
Смирнов Д.А., Федотов А.А., Угрюмов С.А. <i>Обоснование экономической эффективности производства древесно-стружечных плит на основе фурановых олигомеров</i>	211
Шкляев Л.О., Трегуб А.В., Трегуб И.В. <i>Сравнительный анализ моделей оценки кредитного риска эмитента корпоративных облигаций на российском долговом рынке</i>	215
Иванов Г.С., Охотников Д.В. <i>Исследование товаро- и нектаропродуктивности липняков методами математической статистики</i>	222
Вопросы образования	
Чувашев А.П., Иванов Г.С. <i>К обоснованию постановки курса «инженерная геометрия»</i>	225
Шимон Т.Н. <i>Конвергенция экономических знаний и экологического сознания для повышения эффективности образовательного процесса на всех уровнях профессиональной подготовки</i>	228
Ридигер О.Н. <i>Инновационные технологии экологического воспитания: семья и школа в лесной рекреации</i>	231
Никишов В.Д., Мерзленко М.Д. <i>Жизнь на службе большой науке к 85-летию со дня рождения Е.С. Мигуновой</i>	236

РЕПРОДУКЦИЯ СОСНЫ КЕДРОВОЙ КОРЕЙСКОЙ В ПОДМОСКОВЬЕ

И.И. ДРОЗДОВ, *проф. каф. искусственного лесовыращивания и механизации лесохозяйственных работ МГУЛ, д-р с.-х. наук,*

А.А. КОЖЕНКОВА, *доц. каф. искусственного лесовыращивания и механизации лесохозяйственных работ МГУЛ, канд. с.-х. наук,*

М.Н. БЕЛИНСКИЙ, *асп. каф. искусственного лесовыращивания и механизации лесохозяйственных работ МГУЛ*

maximtt88@mail.ru

Сосна кедровая корейская (*Pinus koraiensis Siebold et Zucc*) или кедр корейский – уникальное дерево, образующее неповторимые биоценозы дальневосточной приморской тайги, дающее съедобные семена-орешки, декоративное, с весьма ценной древесиной. Ареал вида в России находится на Дальнем Востоке, к югу от реки Буреи и среднего течения Амура.

Несмотря на морфологическое сходство, его не считают близким родственником кедра сибирского. Ареалы этих видов не совпадают. Кедр корейский произрастает в условиях муссонного климата, весьма требователен к дренажу почвы. Скрещивание с кедром сибирским затруднительно. Имеют место лишь отдельные случаи получения гибридов этих кедровых сосен (Ивантеевский питомник, опытное хозяйство НИИЛГИС). Ввиду многогранной ценности кедр корейский представляет интерес для интродукции в центральный европейский регион России. Однако опыт разведения его за пределами ареала пока еще небольшой, заметно уступает в этом отношении кедру сибирскому и требует особого внимания к его биологии.

Наиболее старые посадки кедра корейского в условиях Подмосковья можно встретить на территории Ивантеевского питомника и в ГБС РАН в г. Москве. Активные исследования возможностей интродукции кедра корейского на кафедре лесных культур МЛТИ были начаты в 1983 г., что нашло отражение в ряде публикаций [1–3] и диссертационных работ [4, 5]. С заложенных в то время посадок в настоящее время получено потомство. Семеношение в них наступило в 27 лет, шишки (рис. 1) и семена хорошо развиты (сред-

няя масса шишки – 268,3 г, масса 1000 семян – 800 г)

С 2010 г. в частном питомнике недалеко от г. Софрино Пушкинского района Московской области разведением кедра корейского занимается фермер О.С. Губарев, который, имея договор с кафедрой лесных культур МГУЛ, получает консультации от сотрудников и аспирантов. В свою очередь, они используют питомник как объект для исследований. Ниже приведены результаты исследований сеянцев кедра корейского, выращенных в условиях открытого грунта и полиэтиленовой теплицы (рис. 2) данного хозяйства.

Семена, полученные из ареала вида, высевали весной в поперечные бороздки по 100 шт. на 1 п.м, мульчировали опилками. В течение вегетационного периода часть сеянцев двукратно удобряли долгодействующим комплексным удобрением для хвойных растений *GREENWORLD* (производство Германии), внося по 60 г/кв.м.

Результаты исследований (табл. 1) показали эффективность данного удобрения для сеянцев кедра корейского как в открытом, так и в закрытом грунте. Достоверные различия на 5 % уровне значимости наблюдались по высоте (критерий Стьюдента 1,5 в открытом и 2,2 закрытом грунте) и по диаметру корневой шейки (1,2 в открытом и 2,9 закрытом грунте). Использование закрытого грунта для выращивания сеянцев этой породы имеет явные преимущества по сравнению с открытым грунтом (в 1,8 и 2,1 раза по высоте и в 1,3 и 1,5 раза по диаметру). Кроме того, в закрытом грунте исключается необходимость защиты посевов от птиц, которую нужно предусматривать в открытом грунте. В варианте



Рис. 1. Урожай шишек кедр корейского, полученный в условиях Подмосквья



Рис. 2. Сеянцы кедр корейского в закрытом грунте

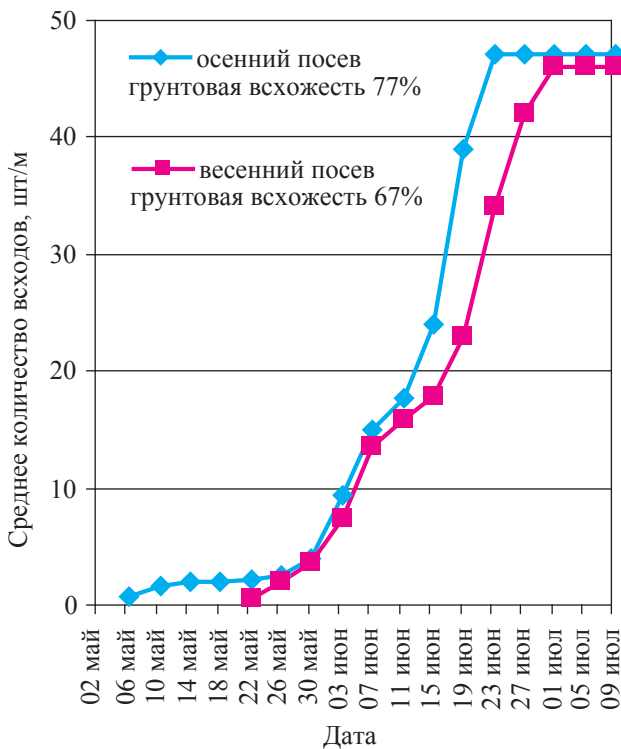


Рис. 3. Динамика появления всходов кедр корейского (семена из Московской обл.)



Рис. 4. Динамика появления всходов кедр корейского (семена из семян Приморского края Дальнереченского района)

с удобрением уже в 1-летнем возрасте 24 % по высоте и 12 % по диаметру растений имели стандартные параметры в соответствии с ОСТ 56-98-93 [6].

Другой опыт по изучению особенностей роста сеянцев корейского кедр был заложен в Порецком участковом лесничестве Можайского района Московской области. Для

Параметры 1-летних сеянцев в условиях открытого и закрытого грунта

Варианты опыта	Высота, см		Диаметр корневой шейки, мм	
	М	$\pm m$	М	$\pm m$
Открытый грунт				
Без удобрений	4,97	0,19	1,94	0,03
С удобрениями	5,5	0,31	2,0	0,04
Закрытый грунт				
Без удобрений	9,0	0,55	2,5	0,10
С удобрением	11,5	1,0	3,0	0,14

Параметры 1-летних сеянцев из семян разных сроков посева

Произрастают в Поречье 1-летки													
Время посева	Средние показатели сеянцев						Средняя масса сеянцев в воздушно-сухом состоянии, г						
	Высота, см		Диам. к.ш., мм		Длина корней, см		Всего		Надземная часть		Корни		
	М	$\pm m$	М	$\pm m$	М	$\pm m$	М	$\pm m$	М	$\pm m$	М	$\pm m$	
Семена из Московской области													
Весна	6,88	0,12	2,19	0,05	6,92	0,24	0,46	0,01	0,38	0,01	0,08	0	
Осень	6,01	0,1	2,24	0,05	7,11	0,19	0,47	0,03	0,38	0,03	0,1	0,01	
Семена из Приморского края													
Весна	7,12	0,08	2,13	0,04	6,68	0,14	0,42	0,02	0,35	0,02	0,07	0	
Осень	6,07	0,06	2,24	0,07	6,37	0,17	0,43	0,02	0,32	0,02	0,11	0	

выявления влияния сроков посева на грунтовую всхожесть использовались семена урожая 2011 г. происхождения из Пушкинского района Московской области и Дальнереченского района Приморского края. Посев семян производился в условиях открытого грунта, на 1 п.м высевали 50 шт. семян в 5 повторностях. Семена для осеннего посева (24.10.11 г.) обрабатывались 0,5 % раствором перманганата калия в течение суток. Семена для весеннего посева (14.04.12 г.) стратифицировались при переменных температурах в течение 1,5 месяцев с последующей холодной подготовкой в течение того же срока. Результаты динамики появления всходов представлены на рис. 3, 4.

Как видно из рис. 3, всходы осеннего посева начали появляться на 16 дней раньше, чем при посеве весной, период появления (с 6 мая по 23 июня) составил 48 дней. После 23 июня появления новых всходов не наблюдалось. Семена, высеянные весной, начали давать всходы через 38 дней после посева. Период появления всходов составил 40 дней.

Появление последних всходов наблюдалось 1 июля, т.е. на 7 дней позже, чем при осеннем посеве.

Грунтовая всхожесть семян, высеянных осенью, оказалась на 10 % выше, чем весной. Аналогичная картина наблюдалась в появлении всходов из семян происхождения из ареала вида (рис.4). Всходы осеннего посева начали появляться на 16 дней раньше, чем при посеве весной, период появления (с 6 мая по 1 июля) составил 57 дней. После 1 июля появления новых всходов не наблюдалось. Семена, высеянные весной, начали давать всходы через 38 дней после посева. Период появления всходов составил 40 дней. Появление последних всходов наблюдалось 1 июля. Грунтовая всхожесть семян, высеянных осенью, оказалась выше на 7 %, чем весной.

Анализ параметров сеянцев с разными сроками посева при использовании семян из интродукционного района и ареала вида (табл. 2) показал, что различия у 1-летних растений наблюдались только по высоте

стволика, которые были выше в вариантах с весенним посевом. По остальным показателям, в том числе и весовым, достоверных различий не установлено.

Разное происхождение семян не сказалось на размерно-весовых показателях сеянцев. На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

– несмотря на то, что на территории Подмоскovie недостаточное количество объектов кедрa корейского, находящиеся в репродуктивной фазе, полученные семена отличаются высокими показателями качества (масса 1000 = 800 г, грунтовая всхожесть 67–77 %);

– не выявлено различий как в сроках и динамике появления всходов, так и в размерно-весовых показателях 1-летних сеянцев из местных семян и из ареала вида;

– для получения стандартных сеянцев кедрa корейского в наиболее короткие сроки целесообразно выращивать их в закрытом грунте с применением удобрений.

В целом результаты опытов свидетельствуют о возможности репродукции в условиях Подмоскovie.

Библиографический список

1. Дроздов, И.И. Выращивание кедрa корейского в зоне смешанных лесов / И.И. Дроздов, А.А. Коженкова // Сб.: Лесная геоботаника и биология древесных растений. – Брянск, 1986. – С.39–48.
2. Дроздов, И.И. Лесная интродукция / И.И. Дроздов, Ю.И. Дроздов – М.: МГУЛ, 2000. – 135 с.
3. Дроздов, И.И. Выращивание посадочного материала кедрa корейского / И.И. Дроздов, М.М. Войтюк // Лесное хозяйство, 1989. – № 4. – С. 34–35.
4. Коженкова, А.А. Способы размножения пятихвойных сосен для целей лесовыращивания в зоне смешанных лесов: дисс.... канд. с.-х. наук / А.А. Коженкова – М.: МЛТИ, 1986. – 122 с.
5. Войтюк, М.М. Выращивание кедрa корейского в культурах зоны хвойно-широколиственных лесов: дисс.... канд. с.-х. наук / М.М. Войтюк – М.: МЛТИ, 1989 – 151 с.
6. ОСТ 56-98-93. Сеянцы и саженцы основных древесных и кустарниковых пород – М: Изд-во стандартов, 1993. – 93 с.

МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ КЛОНОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ЛЕСОСЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЯХ

А.С. РАБЦУН, *асп. каф. селекции, генетики и дендрологии МГУЛ*

zhu4ok69@rambler.ru

За последние годы широкое распространение получила так называемая плюсовая селекция на повышение продуктивности, качества и устойчивости создаваемых лесов [1]. Она включает выделение лесных генетических резерватов и лучших (плюсовых) насаждений, отбор в них лучших (плюсовых) деревьев по комплексу хозяйственно ценных признаков и их генетическую оценку по семенному потомству в испытательных культурах, выделение элиты, закладку лесосеменных плантаций первого (ЛСП-1) и второго порядка (ЛСП-2) [1].

В настоящее время во всех регионах нашей страны по основным лесобразующим видам древесных растений создано множество объектов единого генетико-селекционного комплекса (ЕГСК). В том числе выделены лесные генетические резерваты, плюсовые

насаждения, отобраны плюсовые деревья, заложены ЛСП-1, постоянные лесосеменные участки (ПЛСУ), архивы клонов и испытательные культуры плюсовых деревьев. В некоторых регионах Российской Федерации ЛСП-1 и ПЛСУ стали являться основным поставщиком семенного материала для лесокультурных работ [2].

Однако в целом по стране за сорок лет, прошедших с момента создания первых объектов ЕГСК, в лесном хозяйстве накопилось много нерешенных проблем, возникших, прежде всего, из-за резкого сокращения его бюджетного финансирования и, как следствие, спада производства в связи с затяжным экономическим кризисом, явившимся следствием распада СССР в начале 90-х годов.

В современный период многие специалисты в области лесной селекции правомерно

заостряют вопрос о необходимости паспортизации лесосеменных плантаций (ЛСП). Однако не менее важной задачей, которая должна решаться на первом этапе этой работы, является проверка точности маркировки всех деревьев на ЛСП и в архивно-маточных плантациях. Без уборки «генетического мусора» на объектах дальнейшая селекция невозможна, а их паспортизация не имеет смысла [5].

В данной статье будут рассмотрены несколько наиболее распространенных и перспективных методов для идентификации клонов сосны обыкновенной.

Несмотря на разность подхода к вопросу идентификации клонов, все эти методы объединяет наличие специального маркера, способного доподлинно определить клоновую принадлежность и указать на их генетическое родство.

1) Фенетический метод.

В результате масштабирования и оценки межгрупповой изменчивости признаков А.И. Видякиным (2007) были отобраны маркеры популяционной структуры сосны с высокой генотипической детерминированностью, установлены масштабы их, выделены наиболее информативные маркеры. В процессе изучения индивидуальной изменчивости морфологических признаков шишек, семян, микростробилов разработана методика выделения фенотипов и выявлено несколько элементарных вариаций, отвечающих понятию фена. Она включает 4 этапа: первый – создание коллекций генеративных органов; второй – проверка имеющихся классификаций признаков и оценка выделяемых по ним вариаций на соответствие понятию фена; третий – выявление элементарных признаков, описание и выделение дискретных вариаций; четвертый – косвенная оценка генотипической детерминированности отобранных дискретных вариаций.

Маркерами популяционного уровня структурной организации вида являются фены окраски семян первого слоя; третьего – наличие или отсутствие его, фены окраски шишек: серо-зеленая, коричневая, песочная, фены окраски микростробилов – желтая и красная; фены типа развития апофиза – передний (ПТРА) и задний (ЗТРА). Наиболее

информативны из них фены третьего слоя окраски семян.

Использованный подход позволил проанализировать 91 клон из 118, представленных на плантациях, т.е. 77 % выборки клонов. По мере анализа других плантаций этот показатель возрастет, поскольку клоны, представленные на изученных объектах одной единственной рамкой, будут идентифицированы при сравнении с одноименными клонами на других объектах. Вероятно, фенетической паспортизацией может быть охвачено свыше 80 % клонов, за исключением неплодоносящих и клонов с нечетко идентифицируемыми фенами шишек.

Однако необходимо учесть, что, во-первых, даже и при 4 % ошибок без идентификации родословных дальнейшая селекция невозможна, поскольку любая вероятность ошибки в селекционном процессе должна быть полностью исключена.

Во-вторых, доля неверно маркированных деревьев на отдельных объектах достигает 12,6 %. В-третьих, клоновые плантации 1980 и 1988 гг. являются показательными объектами, на которых научными сотрудниками Института леса СО РАН совместно с Центром защиты леса по Алтайскому краю отработывались методы «селекционного ремонта» и селективного изреживания плантаций, при которых непривитые, больные, «сомнительные» и неверно маркированные деревья были удалены при изреживании или по возможности заменены на лучшие достоверно маркированные экземпляры. В-четвертых, на архиве клонов еще не проводились дополнения взамен отпавших деревьев, во время которых преимущественно и возникают ошибки в маркировке. В-пятых, не осуществлялась оценка идентичности одноименных клонов с разных плантаций, а также не проводился этап паспортизации методами биохимической генетики. Поэтому, к сожалению, полученный результат показывает лишь нижний предел ошибок в маркировке родословных на производственных генетико-селекционных объектах единого генетико-селекционного комплекса [5].

Несмотря на ряд этих нюансов, в целом исследования показали, что фенотипические методы популяционно-хореологической структуры сосны обыкновенной могут

быть вполне информативными при соблюдении определенных принципов и методов выбора генетически детерминированных альтернативных признаков-маркеров и достаточно высокой пространственной плотности популяционных выборок в исследуемой части ареала вида (Видякин, 2001).

По мнению Беликовой А.Ф. и Карацупы О.А. (1997), результаты анализа одновременного использования ряда морфологических признаков генеративных органов в их совокупности носят вероятностный характер, так как они основаны на использовании комбинаций (наборе) морфологических признаков, каждый из которых должен обнаруживать определенное сходство с генетически родственной особью. Чтобы это сходство приближалось к тождественности (абсолютному сходству), приходится привлекать возможно больший набор морфопризнаков. В результате устанавливается сходство с определенной степенью вероятности, но не полное.

В качестве более эффективной альтернативы они предлагают собственное изобретение, согласно которому идентификация осуществляется с помощью нового фена-текстуры кожуры семян сосны. Являясь признаком, передающимся по матери, выявленный морфофен-текстура семенной кожуры играет роль не фенетического, а генетического маркера отдельной особи. Благодаря этому предлагаемый способ может найти применение в научно-исследовательских работах в области генетики и селекции леса при изучении структуры популяции сосны, генетическом анализе семенного потомства различных скрещиваний.

2) Биохимический метод. Сущность его заключается в оценке степени химического состава отдельных частей дерева.

В.В. Тараканов и др. в 2007 г. провели анализ генетической гетерогенности клонов сосны обыкновенной по особенностям элементного состава их хвои.

При анализе элементарного состава учеными было включено в выборку 75 рамет (привоев) 25 клонов – по 3 раметы на клон. Оценивались результаты 29 элементов, из которых надежно диагностировались 15: *Ca, K, Mn, Zn, Sr, Br, Cu, Ni, Pb, Rb, Bi, U, Fe, Se, Y*.

Для элементов *Fe, Se, Y* межклоновых различий не было обнаружено, но при определении количества других веществ, содержащихся в хвое, по меньшей мере *Ca, K, Zn* наследуются более строго и в перспективе могут применяться в качестве генетических маркеров.

Также группой этих ученых была исследована изменчивость химического состава пыльцы у клонов сосны обыкновенной. Обнаружено достоверное влияние клонов на содержание в пыльце *Fe, Cu, Zn, Pb*. Для анализа биохимического состава пыльцы были использованы формы сосны, отличающиеся по окрасу микростробиллов – «желтая» и «красная». По содержанию большинства компонентов (аскорбиновой кислоты, сахаров, дубильных веществ, флавонолов, катехинов, протопектинов, сапонинов) межклоновая изменчивость существенно перекрывает межформовую. Лишь по содержанию кислот имеет место обратное соотношение. Предварительный результат сводится к тому, что изменчивость элементного состава пыльцы по некоторым компонентам имеет наследственную природу.

По мнению Н.Н. Бессчетновой, плюсовые деревья сосны обыкновенной, представленные своими клонами в их архивах и на лесосеменных плантациях, существенно различаются по способности накапливать сахара в тканях годичных побегов. На основании собранных и проанализированных ею данных оказалось, что выявленная дифференциация ассортимента состава объектов ПЛСБ и ЕГСК устойчива и проявляется в течение всего года на каждом из обследованных участков. Отмеченная неоднородность вегетативного потомства плюсовых деревьев в значительной мере обусловлена генотипически, что подтвердили результаты дисперсионного анализа. Компонент дисперсии, связанной с различиями между раметами, также достаточно велик, а его возникновение объясняется преимущественно разнокачественностью прививок. Наследственный характер контрастных различий между плюсовыми деревьями по накоплению сахаров в тканях побегов предопределяет целесообразность привлечения данного признака для осуществления многомерной идентификации объектов лесной селекции.

3) Молекулярно-генетический метод.

В настоящее время существует два основных метода генетической идентификации объекта: анализ изоферментов растений и анализ их ДНК. С помощью белков был сделан настоящий прорыв в исследованиях популяционной генетики. Однако со временем стали заметны и существенные ограничения белковых маркеров, основным из которых можно считать тот факт, что анализ белков позволяет тестировать изменения только в белоккодирующих последовательностях, а также их зависимость от модифицирующих условий среды, в том числе органа, ткани и фазы развития растения.

В последнее десятилетие в связи со стремительным развитием ДНК-технологий белковые маркеры оказались практически вытесненными из популяционной генетики изучением полиморфизма на уровне ДНК, что позволяет тестировать генетическую изменчивость не на уровне продуктов экспрессии гена, а на уровне генома (Мухина, 2011).

Различные методы анализа ДНК позволяют идентифицировать от одного до сотен локусов генов.

Для работы по генетической паспортизации многие ученые используют метод амплификации ДНК с произвольными праймерами (*RAPD* – анализ), который позволяет определить порядка 120 локусов генов. Метод прост в исполнении, обладает хорошей повторяемостью и не требует применения дорогостоящих реактивов. В частности, этот метод применяется для идентификации клонов организацией ФГУ «РОСЛЕСОЗАЩИТА».

Метод случайного амплифицирования полиморфной ДНК (*RAPD*) основан на полимеразной цепной реакции выделенной ДНК с использованием короткого праймера, для получения анонимных отрезков ДНК таким образом, что каждый праймер присоединяется к фрагменту ДНК случайно. Поэтому неизвестно, какой продукт будет получен в результате. Затем полученные фрагменты ДНК разделяются и определяются посредством гель-электрофореза и проводится анализ полученных электрофореграмм.

Несмотря на разность подходов к решению такой важной задачи, как идентифика-

ция клонов, пока довольно трудно опираться на какой-то конкретный способ из всех, предложенных современной наукой. Одни методы требуют проверки или доработки, другие оказываются дорогостоящими при больших объемах работ. Однако следует отметить, что итоги уже проведенных исследований значительно облегчили возможности решения такой важной задачи и позволяют надеяться, что уже в ближайшей перспективе будет разработан универсальный метод идентификации.

Библиографический список

1. Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации. – М.: ВНИИЦлесресурс, 2000.
2. Видякин, А.И. Эффективность плюсовой селекции древесных растений / А.И. Видякин // Хвойные бореальной зоны, 2010. – Т. 27, 1/2. – С. 18–24.
3. Кальченко, Л.И. Поэтапная паспортизация деревьев на клоновых плантациях сосны: использование методов фенетики / Л.И. Кальченко, В.В. Тараканов // Хвойные бореальной зоны, 2009. – № 4–5. – Т. 26. – С. 6.
4. Видякин, А.И. Фенетика, популяционная структура и сохранение генетического фонда сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) / А.И. Видякин // Хвойные бореальной зоны, 2007. – № 2. – С. 159–166.
5. Тараканов, В.В. Селекционное семеноводство сосны обыкновенной в Сибири / В.В. Тараканов, В.П. Демиденко, Я.Н. Ишутин и др. – Новосибирск: Наука, 2001. – 229 с.
6. Видякин, А.И. Фены лесных древесных растений: выделение, масштабирование и использование в популяционных исследованиях (на примере *Pinus sylvestris* L.) / А.И. Видякин. – Экология, 2001. – № 3. – С. 197–202.
7. <http://ru-patent.info/20/65-69/2065265.html>
8. Тараканов, В.В. Элементарный состав хвои в разных клонах сосны обыкновенной / В.В. Тараканов, Л.И. Милютин, К.П. Куценогий и др. // Лесоведение. – 2007. – № 1. – С. 28–35.
9. Киров, Е.И. Биохимический и элементный состав пыльцы разных клонов сосны обыкновенной / Е.И. Киров, В.В. Тараканов, Т.А. Кукушкина и др. // Хвойные бореальной зоны. – 2007. – № 2–3. – С. 197–200.
10. Бессчетнова, Н.Н. Содержание водорастворимых сахаров в клетках побегов плюсовых деревьев сосны обыкновенной / Н.Н. Бессчетнова. – Монография, 2011. – 5 с.
11. Мухина, Ж.М. Молекулярные маркеры и их использование в селекционно-генетических исследованиях / Ж.М. Мухина, Е.В. Дубина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. – 2011. – № 66(02). – 14 с.

МНОГОМЕРНАЯ ОЦЕНКА ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS L.*) ПО МОРФОМЕТРИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ СЕМЯН

В.П. БЕССЧЕТНОВ, д-р биол. наук, проф.,
Н.Н. БЕССЧЕТНОВА, канд. с.-х. наук, доц. НГСХА

besschetnova1966@mail.ru, lesfak@bk.ru

Одной из проблем современных лесоводственных исследований, в частности популяционного анализа в лесной селекции, проводимого в насаждениях древесных и кустарниковых пород, остается обеспечение комплексности показателей сходства или отдаленности сравниваемых популяций, экотипов, плюсовых деревьев, клоновых групп, форм и сортов. При этом имеются в виду многопараметрические критерии их генетической близости [1–5]. Проблема обостряется на фоне того, что в настоящее время наиболее распространенными средствами идентификации наследственных преимуществ выступают методы, направленные на выявление факта наличия и определения степени выраженности существенных различий между сопоставляемыми объектами по какому-либо одному признаку, например в дисперсионном анализе, при повторяемости такого анализа по любому их числу. Важными характеристиками лесосеменных плантаций (ЛСП) признаны показатели репродуктивной активности составляющих их плюсовых деревьев, посевные качества и морфология семян [6–8]. Рассмотрению этих вопросов посвящено немало работ отечественных специалистов [6–10]. Однако аналогичных сведений для Нижегородской области, притом, что на ее территории дислоцировано большое число объектов единого генетико-селекционного комплекса (ЕГСК) и постоянной лесосеменной базы (ПЛСБ), еще недостаточно [10, 11]. В соответствии с этим на кафедре лесных культур Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии предпринято изучение объектов ПЛСБ, развернутых в Нижегородской области, и выполнены многомерные сравнения элементов их ассортимента.

Исследования проводились для формирования обобщенной селекционной оцен-

ки плюсовых деревьев сосны обыкновенной по комплексу показателей посевных качеств и строения семян и определения на их основе степени многомерной статистической близости анализируемых объектов. Тестировались плюсовые деревья сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*), одновозрастные клоны которых включены в состав лесосеменных плантаций государственного бюджетного учреждения Нижегородской области «Семновский спецлесхоз». Каждое плюсовое дерево представлено своими клонами, которые выступали учетными растениями. Индивидуально и одновременно с них собирали нормально развитые неповрежденные шишки (до 60 шт.). Сроки заготовки приурочены к фазе изменения их окраски (ноябрь). Первоначально их сушили свободно при комнатной температуре в течение 6 месяцев, после чего – в сушильных шкафах с температурным режимом 40 °С. Первичной единицей выборки в опыте было отдельное необескрыленное семя. Способ извлечения семян – вручную из каждой шишки отдельно путем их механического разрушения. Поврежденные, пустые, щуплые, недоразвитые семена отбраковывали. Длину и ширину семян и их крылышек измеряли с точностью до 0,5 мм, массу определяли с точностью до 0,001 г. Для анализа привлекались как непосредственно учитываемые морфометрические показатели семян (длина, ширина, масса) и их крылышек (длина, ширина), так и производные признаки. К числу последних относились: «коэффициент формы семени» (отношение его длины к ширине); «коэффициент плотности семени» (отношение его массы к произведению длины и диаметра); «коэффициент формы крылышка» (отношение его длины к ширине); «коэффициент площади крылышка» (произведение его длины и ширины); «эффективность па-

русности» (отношение массы семени к коэффициенту площади крылышка); «коэффициент вытянутости» (отношение коэффициента формы семени к коэффициенту формы крылышка). Подобные признаки позволяют более полно охарактеризовать свойства семян, более детально обозначить расхождения между плюсовыми деревьями в этом отношении, дать косвенную количественную оценку удельным показателям, таким как плотность или удельная масса, и качественным идентификаторам, таким как форма.

Рассматриваемый набор признаков группировался в комплексы с наиболее тесными связями между входящими в них переменными при малой корреляции между сформированными комплексными факторами. Данная процедура выполнена в ходе факторного анализа [2, 12] с применением программного обеспечения *STATISTICA v.6.0*. В результате к одному комплексному фактору были отнесены признаки, корреляции между которыми выражены в наибольшей степени. В итоге исходное количество использованных нами на начальном этапе процесса исследований переменных (11 признаков) оказалось представленным редуцированным их числом (4 главных компоненты). В комплекс включались только те плюсовые деревья, у которых были представлены все параметры многомерного сравнения [1–5]. Весовые коэффициенты признаков не вводились, исходя из представлений об их идентификационной равноценности. Поправки на неравномерность комплексов не применялись в силу одинаковой численности параметров у всех многомерных объектов. В расчетах использованы стандартизированные значения признаков, получаемые как отношение отклонения исходного значения показателя от его средней величины к соответствующему стандартному отклонению. Внимание обращалось на то, что результаты группировки в кластеры в значительной степени зависят от того, какие признаки и в каком количестве включены в комплекс сравнения. При этом исходное число анализируемых параметров может быть достаточно большим со слабой корреляционной зависимостью между ними [1–4]. Ре-

шение задачи редукции числа переменных, формирующих многомерный комплекс, в факторном анализе предполагает логическое обоснование их отнесения к тому или иному фактору [12]. Это, в свою очередь, обеспечивает получение группировок переменных (в нашем случае анализируемых признаков семян плюсовых деревьев), которым свойственны наиболее тесные связи. Для нахождения однозначного решения применен метод ортогонального вращения (метод варимакса) как наиболее часто употребляемый [2, 12]. Критерием эффективности независимых факторов в реализованной схеме принято превышение соответствующих им начальных собственных значений уровня 1. Доля общей дисперсии, обусловленная их действием, должна быть не менее 70 % [2]. Они послужили основой проведения кластерного анализа и построения дендрограмм [1–4].

Решение основной задачи факторного анализа, выполненного по 11 исходным признакам, оценивающим морфометрические параметры семян и их крылышек, позволило добиться обоснованной редукции числа независимых переменных многомерного статистического комплекса с группировкой их по факторам – четырем главным компонентам (табл. 1).

Материалы табл. 1 свидетельствуют о том, что характер отнесения исходных независимых переменных – количественным признакам семян – к четырем комплексным факторам логически понятен. К первой компоненте причислены признаки прямого учета параметров семян: длины, ширины, массы, а также ширина и коэффициент площади крылышка. Вторая компонента объединила характеристики крылышка: его длина и производные признаки – коэффициенты формы и вытянутости. Третью компоненту составили относительные оценки с участием массы семени, а четвертая представлена коэффициентом его формы. В указанных случаях величина нагрузки фактора превышает принятый минимум собственных значений, равный 1. Осуществленная редукция числа эффективных факторов в высокой степени обоснована: доля общей дисперсии, приходящейся на полученные в ходе факторного анализа 4

Матрица повернутых компонент (ЛСП № 24)

№ признака	Признаки	Компонента			
		1	2	3	4
1	Длина семени	0,786054			
2	Ширина семени	0,948629			
3	Масса семени	0,78102			
4	Коэффициент формы семени				0,980075
5	Коэффициент плотности семени			0,953895	
6	Длина крылышка		0,715486		
7	Ширина крылышка	0,952903			
8	Коэффициент формы крылышка		0,874793		
9	Коэффициент площади крылышка	0,879776			
10	Эффективность парусности			0,874677	
11	Коэффициент вытянутости		-0,96356		
Начальные собственные значения		4,562037	3,683192	1,275151	1,161305
Доля дисперсии компонент, %		41,47306	33,48357	11,59228	10,55731
Общая доля дисперсии главных компонент, %		97,10622			

главные компоненты, составляет 97,11 %, что заметно больше критического порога 70 %. Вместе с тем вполне понятно, что изменение принятого количества переменных в многомерном комплексе вызовет неизбежные вариации исхода группировки.

Образовавшиеся в процессе факторного преобразования 4 комплексные независимые переменные сформировали собственный блок многомерных характеристик сравниваемых объектов, представленных нормированными величинами. Они послужили основой проведения кластерного анализа (процедура кластеризации представлена в табл. 2) и построения дендрограмм (рис. 1–2).

В табл. 2 отражена последовательность этапов объединения плюсовых деревьев в кластеры, соответствующая этому величина евклидовой дистанции и адекватное ей значение расстояния, выраженное в масштабных единицах 25 разрядной шкалы, принятой для графического представления дендрограмм. Будучи построены по сформированным факторам (рис. 1), они принципиально не отличались от аналогичных графических фигур, полученных на основе массива исходных признаков (рис. 2). В значительной мере близки по структуре были и дендрограммы, полученные на основе вычисления линейного евклидова расстояния и квадрата евклидова расстояния. Обнаруживаемые между ними

различия невелики и непринципиальны. На графике древовидной гистограммы, построенной по результатам преобразования в ходе факторного анализа 11 исходных независимых характеристик семян в 4 главных компоненты (рис. 1), удастся заметить ряд хорошо оформленных группировок – кластеров, составляющих иерархическую систему. Большая часть плюсовых деревьев (28 из 36) объединяется на уровне 12,2 масштабных единиц в крупный макрокластер, содержащий в составе ряд группировок меньшего порядка. В нем отчетливо выделяется первый микрокластер с объектами К-38, К-39, К-517 К-18, К-173, К-206, К-47. Предел их агломерации равен 7,2, притом, что его слияние с другими наблюдается при 12,2 ед. Следующий микрокластер (К-40, К-108, К-41, К-101, К-14, К-95, К-109) сформирован на уровне 6,4 единиц. Относительно близок к нему (дистанция различий не превышает 10,4 ед.) третий микрокластер, порог возникновения которого достигает 8,3 ед. В нем фиксируется собственное плотное ядро (К-29, К-1721, К-3, К-49, К-96, К-5, К-215, К-6) с дистанцией присоединения до 3,2 единиц, к которому примыкают другие объекты (К-20, К-44, К-199, К-121, К-170, К-99). Остальные плюсовые деревья заметно отличаются от перечисленных выше и входят в иерархическую систему на уровнях от 20,2 до 25,0 единиц. Часть из них (К-19 и К-210,

Схема осуществления кластеризации 36 плюсовых деревьев по параметрам семян (4 главных компоненты) с использованием квадрата евклидова расстояния

Этап	Шаги агломерации		Коэффициенты		Этапы появления первого кластера		Следующий этап
	объединение кластеров кластер 1	кластер 2	дистанция присоединения	масштабные единицы	кластер 1	кластер 2	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	13	14	0,08628	0,2	0	0	3
2	2	36	0,21632	0,4	0	0	11
3	5	13	0,33089	0,6	0	1	19
4	11	31	0,45623	0,8	0	0	6
5	32	34	0,66791	1,2	0	0	18
6	1	11	0,71444	1,3	0	4	9
7	20	22	0,71671	1,3	0	0	9
8	16	25	0,86650	1,5	0	0	10
9	1	20	1,01951	1,8	6	7	15
10	4	16	1,04435	1,9	0	8	20
11	2	3	1,05529	1,9	2	0	15
12	21	28	1,11870	2,0	0	0	20
13	29	30	1,15236	2,1	0	0	22
14	8	17	1,46255	2,6	0	0	17
15	1	2	1,80155	3,2	9	11	21
16	15	27	1,89663	3,4	0	0	24
17	8	33	2,34066	4,2	14	0	21
18	19	32	2,48697	4,4	0	5	25
1	2	3	4	5	6	7	8
19	5	6	2,68158	4,8	3	0	25
20	4	21	2,71641	4,8	10	12	24
21	1	8	3,10369	5,5	15	17	27
22	24	29	3,11214	5,5	0	13	27
23	7	35	3,38045	6,0	0	0	31
24	4	15	3,57897	6,4	20	16	29
25	5	19	4,01624	7,2	19	18	30
26	9	10	4,35950	7,8	0	0	35
27	1	24	4,67218	8,3	21	22	29
28	12	26	5,72066	10,2	0	0	31
29	1	4	5,83090	10,4	27	24	30
30	1	5	6,85321	12,2	29	25	33
31	7	12	9,52385	17,0	23	28	32
32	7	18	10,99820	19,6	31	0	33
33	1	7	11,35333	20,2	30	32	34
34	1	23	12,74157	22,7	33	0	35
35	1	9	14,03992	25,0	34	26	0

К-30 и К-106, К-21 и К-22) предварительно объединяются в сравнительно неплотные пары. Плюсовые деревья с индексами К-45 и К-98 входят в структуру перечисленных ранее группировок на завершающих этапах.

Представленная информация дифференцирует состав анализируемых плюсовых деревьев, размещенных на ЛСП № 24, по при-

нципу «наиболее близкие–наиболее удаленные» по полному набору рассматриваемых характеристик. В итоге весь ассортимент плюсовых деревьев может быть представлен их группировками, различным образом удаленными одна от другой по установленному перечню признаков. Аналогичные материалы были получены и на других объектах исследования.

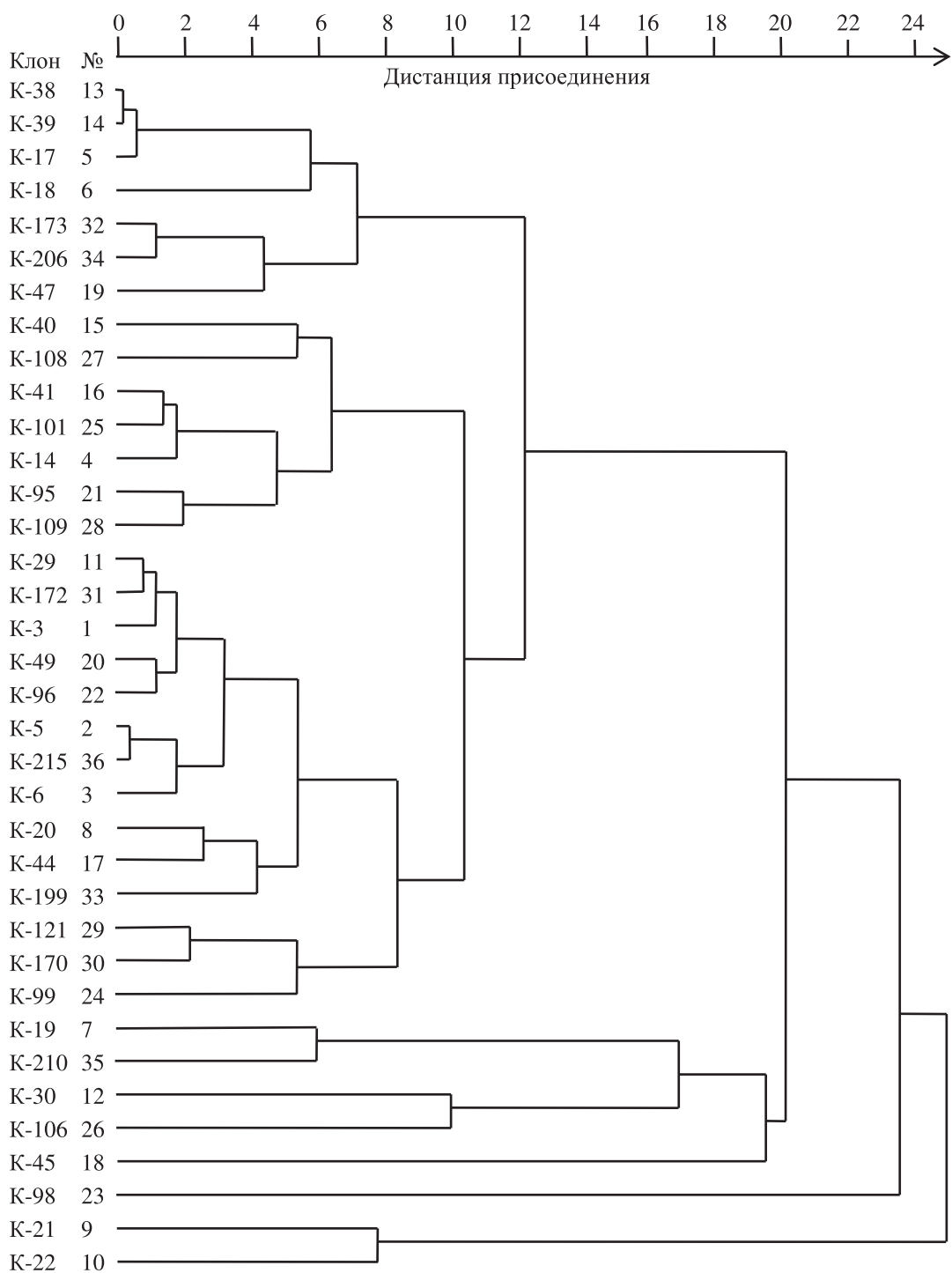


Рис. 1. Дендрограмма сходства плюсовых деревьев, построенная по 4 главным компонентам

Повторение опытов в разные годы подтвердило устойчивость наблюдаемых тенденций.

В заключение можно отметить, что исследованный комплекс плюсовых деревьев сосны обыкновенной неоднороден по морфометрическим параметрам семян. Степень несовпадения их характеристик неодинакова, что позволяет обозначить группы объектов, относительно близких между собой по всему

набору анализируемых показателей – кластеры, притом, что между группами обнаруживаются хорошо заметные различия. Факторный анализ позволил выполнить редукцию числа показателей при принципиальном сохранении информативности данных, представленных в исходном комплексе.

Результаты построения дендрограмм по сформированным факторам, вполне адек-

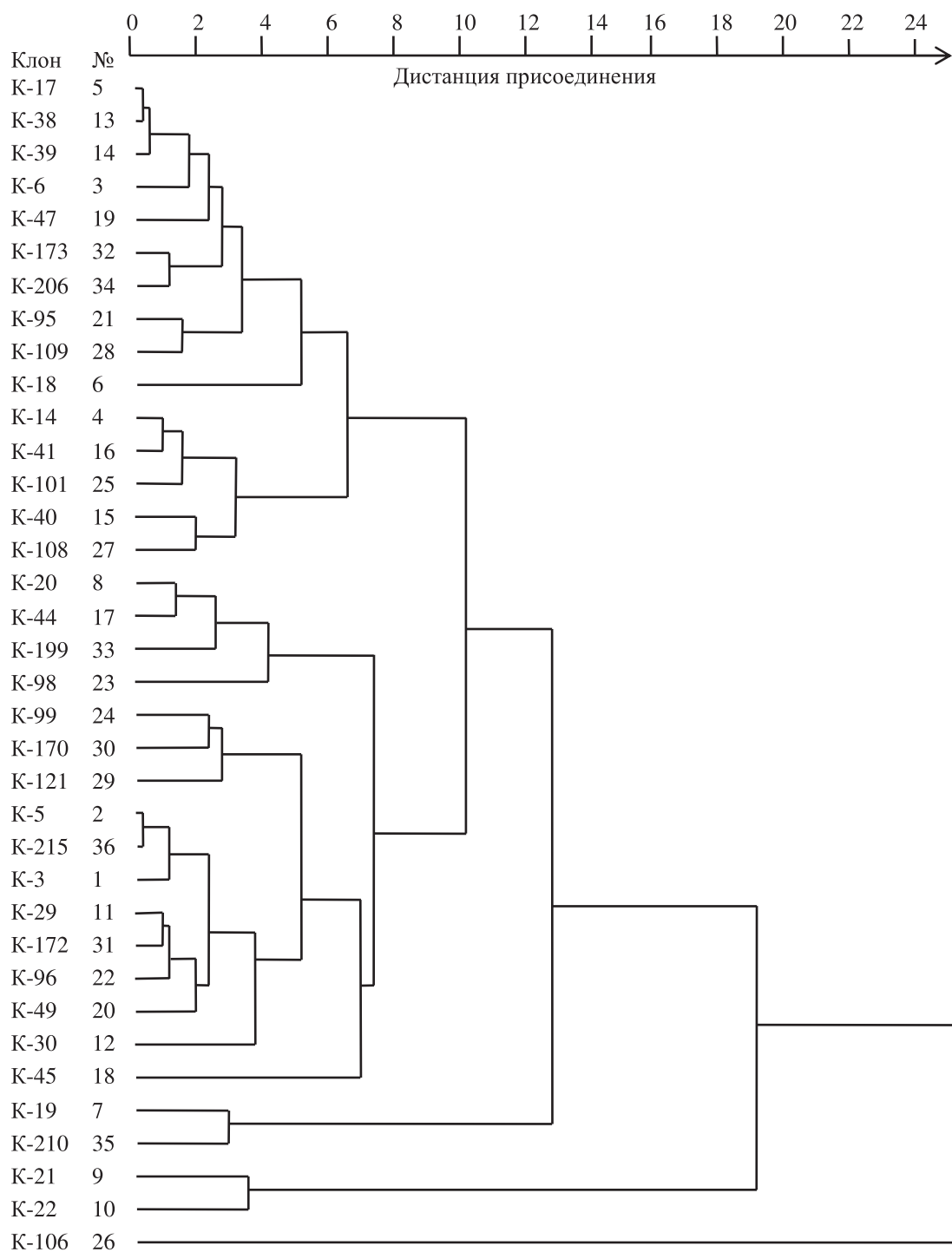


Рис. 2. Дендрограмма сходства плюсовых деревьев, построенная по нормированным значениям 11 исходных признаков

ватны итогам их построения по первичным данным. Кластерный анализ позволил выполнить естественную группировку ассортимента плюсовых деревьев по критериям сходства оценок параметров семян. Установлены группы плюсовых деревьев, имеющие относительно близкие характеристики по всему перечню анализируемых признаков – длине,

ширине и массе семян, длине и ширине крылышек, а также по относительным показателям. Выявлены объекты, являющиеся наиболее отдаленными от других в исследованной совокупности. Сведения о степени близости объектов позволяют обоснованно подходить к выбору компонентов родительских пар и составлению диаллельных комплексов, что

важно для планирования мероприятий по гибридизации. Это может иметь отношение как к гетерозисной селекции, так и к работам по гибридологическому анализу, необходимому для оценки селекционного качества плюсовых деревьев, отобранных по фенотипу. При формировании родительских пар из растений, близких по морфологическим характеристикам семян, в них следует включать плюсовые деревья, которые входят в один кластер. При осуществлении стратегии использования отдаленных по своим признакам родителей целесообразно ориентироваться на их принадлежность к разным кластерам. Контрастность проявления и наследственный характер комплексных различий между плюсовыми деревьями сосны обыкновенной по морфометрическим параметрам семян и их крылышек предопределяет целесообразность привлечения данных признаков для осуществления многомерной идентификации объектов лесной селекции.

Библиографический список

1. Булыгин, Ю.Е. Комплексная оценка экотипов древесных пород / Ю.Е. Булыгин // Лесное хозяйство. – 1978. – № 12. – С. 30–32.
2. Никитин, К.Е. Методы и техника обработки лесоводственной информации / К.Е. Никитин, А.З. Швиденко. – М.: Лесная пром-сть, 1978. – 272 с.
3. Петров, С.А. Рекомендации по использованию генетико-статистических методов в селекции лесных пород на продуктивность / С.А. Петров. – Воронеж, 1984. – С. 3.
4. Лейтас, А.М. Состояние, опыт применения и перспективы развития математического обеспечения статистических методов анализа экспериментальных данных НПО «Силава» / А.М. Лейтас, А.А. Калниня, М.В. Шмите и др. // Вычислительные методы решения научных и технических проблем лесного хозяйства. – Рига: Зинатне, 1983. – С. 20–32.
5. Савва, Ю.В. Рост и структура годичных колец сосны обыкновенной в географических культурах Красноярской лесостепи в зависимости от климатических факторов / Ю.В. Савва, Е.А. Вяганов, Л.И. Милютин // Материалы научной генетической конференции. – М.: МСХА, 2002. – С. 286–288.
6. Сахаров, В.И. Методы оценки эколого-генетической структуры популяций древесных видов для выбора модели селекции / В.И. Сахаров. – Алматы, 2006. – 384 с.
7. Рогозин, М.В. К вопросу об отборе урожайных деревьев сосны обыкновенной / М.В. Рогозин // Известия вузов. Лесной журнал. – № 6. – 1978. – С. 8–11.
8. Ефимов, Ю.П. Семенные плантации в селекции и семеноводстве сосны обыкновенной / Ю.П. Ефимов. – Воронеж: Истоки, 2010. – 253 с.
9. Царев, А.П. Вопросы и проблемы плюсовой селекции / А.П. Царев, Н.В. Лаур // Вестник МГУЛ–Лесной вестник. – 2006. – № 5. – С. 118–123.
10. Потылев, В.Г. Проблемы лесного селекционного семеноводства / В.Г. Потылев // Лесохозяйственная информация. – 1997. – № 3. – С. 14–30.
11. Бессчетнов, В.П. Селекционно-генетические аспекты лесного семеноводства / В.П. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова, А.Н. Орнатский // Труды ф-та лесного хозяйства НГСХА: сб. научных статей, 2011. – № 1 (1). – С. 5–34.
12. Харман, Г. Современный факторный анализ / Г. Харман. – М.: Статистика, 1972. – 488 с.

СТРУКТУРА ПОТОМСТВА ПОПУЛЯЦИЙ ЕЛИ РАЗНОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПО ИНТЕНСИВНОСТИ РОСТА И ТИПАМ МУТОВЧАТОСТИ КРОНЫ

Н.А. ДЕМИНА, *асп. каф. лесоводства и почвоведения Лесотехнического ин-та САФУ,*

Д.Х. ФАЙЗУЛИН, *ст. науч. сотрудник ФБУ СевНИИЛХ,*

Е.Н. НАКВАСИНА, *проф. каф. лесоводства и почвоведения Лесотехнического ин-та САФУ, д-р с.-х. наук*

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

На протяжении обширного ареала распространения ель характеризуется значительной географической изменчивостью, которая сформировалась под влиянием различных факторов окружающей среды. Широ-

кие возможности изучения изменчивости этой породы открывают географические культуры, где в однородных лесорастительных условиях произрастают потомства популяций ели из разных частей ареала. На европейском Севере

России по единой программе и методике [1] созданы 3 пункта таких культур с участием в коллекции климатипов ели (Архангельская и Вологодская области, Республика Коми).

Оценка потомств, как правило, ведется по таксационным показателям и запасу древесины и позволяет отобрать лучшие географические расы для использования в лесовосстановлении. Для селекционных целей представляет интерес отбор отдельных особей в популяции по фенотипу. По литературным данным [2], при отборе плюсовых деревьев по прямому признаку хорошие наследственные свойства по скорости роста потомства имеют только 30 % особей. Поэтому для оценки перспективности деревьев необходимо использовать косвенные признаки, которые формируются в раннем возрасте, проявляются на последующих этапах онтогенеза и отражают продуктивность спелых деревьев. К числу таких признаков у ели относят степень выраженности мутовчатости, формирующуюся уже к 7–10-летнему возрасту [3]. Представляет интерес сопряженность морфологических признаков (выраженности мутовчатости) и роста особей и ее появление в культурах разного географического происхождения, позволяющее проследить наследственные особенности закрепления признака в потомстве популяции.

Наши исследования проводились в 2010 г. в географических культурах ели Корткеросского лесничества Республики Коми, заложенных в 1977 г. под руководством А.И. Барабина (куратор культур АИЛиЛХ, ныне СевНИИЛХ). Коллекция климатипов представлена 33 вариантами ели, материнские насаждения которых произрастают в широтном направлении от северной подзоны тайги до южной подзоны лиственных лесов, а в долготном направлении – от Прибалтики до Урала.

Целью работы являлось изучение формового разнообразия ели по ростовой дифференциации и по степени выраженности мутовчатости, а также сравнительная оценка интенсивности роста особей различных морф в потомстве ели различного географического происхождения.

Для изучения интенсивности роста и формового разнообразия по степени вы-

раженности мутовчатости было отобрано 8 популяций, которые представляют разные лесорастительные подзоны. При обследовании культур проводили измерение диаметра ствола на высоте груди не менее 100 шт. деревьев в каждом климатипе. Среднюю высоту ели в варианте находили по графику высот, который строили для каждого климатипа. Показатель запаса древесины в коре на корню рассчитывали на 1000 высаженных растений с учетом сохранности культур в 33-летнем возрасте.

Изучение формового разнообразия (класс Крафта и степень выраженности мутовчатости) проводили у 100 шт. деревьев в пределах климатипа с распределением их по каждой категории класса Крафта и степени выраженности мутовчатости. При анализе данных деревья объединяли в 3 группы по классам Крафта: 1 класс – лидеры или господствующие, 2 и 3 класс – согосподствующие и характеризующиеся средними показателями, 4 и 5 – угнетенные и отмирающие деревья.

Степень выраженности мутовчатости у ели определяли по методике В.Я. Попова, П.В. Тучина, В.М. Жарикова [4]. Выделяли три формы признака: особи с четко выраженной мутовчатостью, со слабо выраженной мутовчатостью и с отсутствием признака. Характерной особенностью деревьев ели с четко выраженной мутовчатостью является превосходство по размерам мутовчатых побегов над вставочными в два раза и более. У особей ели со слабо выраженной мутовчатостью мутовчатые побеги превосходят по размерам 80–90 % вставочных побегов, а остальные вставочные побеги приближаются по размерам к мутовчатым. Деревья, у которых мутовчатость отсутствует, имеют примерно одинаковые размеры мутовчатых и вставочных побегов.

Устойчивость, рост и состояние культур разного географического происхождения в районе испытания характеризуют адаптацию климатипов к новым условиям места произрастания. Основные таксационные показатели изученных климатипов ели в географических культурах Республики Коми приведены в табл. 1.

Наибольшая сохранность культур наблюдается у местной популяции ели и у кли-

Сохранность и основные таксационные показатели 33-летних географических культур ели в Республике Коми

Лесорастительная подзона по С.Ф. Курнаеву (1973)	Район заготовки семян		Сохранность, %	Высота, м	Диаметр, см	Запас*, м ³
	№ варианта	Область (республика), лесничество				
Северотаежная	20	Архангельская, Пинежское	51,9	4,8	4,5 ± 0,23	3,04
Среднетаежная	4	Карелия, Пудожское	47,9	6,3	6,0 ± 0,29	5,78
	19	Архангельская, Плесецкое	66,8	3,5	3,1 ± 0,16	1,60
	25	Коми, Корткеросское	67,9	8,5	8,2 ± 0,34	18,42
Южнотаежная	5	Ленинградская, Тосненское	24,8	4,6	4,5 ± 0,27	1,42
	41	Свердловская, Нижне-Тагильское	50,5	5,7	5,1 ± 0,27	4,16
Северная смешанных лесов	31	Нижегородская, Шарангское	32,6	6,2	5,9 ± 0,27	3,77
Южная смешанных лесов	29	Московская, Солнечногорское	31,5	6,0	5,5 ± 0,21	3,11

* в коре на корню на 1000 шт. высаженных растений

Представленность форм ели по классам Крафта в географических культурах Республики Коми

Лесорастительная подзона по С.Ф. Курнаеву (1973)	№ климатипа	Класс Крафта, %		
		1	2+3	4+5
Северотаежная	20	29	58	13
Среднетаежная	4	21	48	31
	19	20	69	11
	25	33	58	9
Южнотаежная	5	39	49	12
	41	23	54	23
Северная смешанных лесов	31	31	49	20
Южная смешанных лесов	29	21	57	22

матипов из Архангельской области (пинежская и плесецкая популяции). Наблюдается закономерность снижения сохранности у потомств ели от северной подзоны тайги к южной подзоне смешанных лесов. В то же время по высоте и диаметру установлена обратная зависимость: в более северных широтах климатипы значительно отстают в росте. Самые высокие деревья произрастают в потомстве популяций из зоны смешанных лесов. Местная корткеросская ель не уступает инорайонным популяциям, так как она наиболее приспособлена к суровым климатическим условиям произрастания с резко континентальным климатом в Республике Коми.

Запас древесины является комплексным показателем продуктивности насаждений, учитывающий как сохранность происхождений, так и их рост и развитие. Среди представленных климатипов лидером по запасу является происхождение из Республики

Коми, оно превышает запас в 3 и более раза, чем у инорайонных происхождений. Северные климатипы ели отличаются низкой продуктивностью из-за слабого роста, а южные – из-за низкой сохранности культур. Средние показатели по запасу древесины на корню в коре имеют потомства из Республики Карелия и Свердловской области (5,78 и 4,14 м³ на 1000 шт. высаженных растений соответственно).

Представленность форм ели по классам Крафта в изученных потомствах 33-летних культур приведена в табл. 2. Во всех климатипах преобладают деревья 2 и 3 классов Крафта, доля которых в насаждении составляет от 48 до 69 %. Количество деревьев преобладающего роста (лидеров) колеблется от 21 до 39 %, а представителей аутсайдеров – 4 и 5 класса Крафта – от 9 до 31 %. Наибольшее количество угнетенных особей у самого западного происхождения ели из Республики Карелия (до 31 %), перемещенного на рас-

Представленность форм ели по степени выраженности мутовчатости в географических культурах Республики Коми

Лесорастительная подзона по С.Ф. Курнаеву (1973)	№ климатического типа	Вид ели	Представленность особей по степени выраженности мутовчатости, %		
			четко выражена	слабо выражена	не выражена
Северотаежная	20	С	27	67	6
Среднетаежная	4	Е	27	62	11
	19	С	8	89	3
	25	С	47	53	–
Южнотаежная	5	Е	39	54	7
	41	С	15	70	15
Северная подзона смешанных лесов	31	С	9	80	11
Южная подзона смешанных лесов	29	Е	31	59	10

Примечание: Е – ель европейская и гибриды с преобладанием признаков европейской, С – ель сибирская и гибриды с преобладанием признаков сибирской.

стояние более 12° в.д. к востоку. Отмечено увеличение угнетенных и отмирающих деревьев в климатических типах более южных популяций (20–23 %). Увеличение доли аутсайдеров у них связано с различиями в климатических характеристиках места произрастания исходных насаждений и места их испытания.

Однако следует учитывать, что процесс адаптации потомств ели в культурах 2 класса возраста не закончен. Окончательная дифференциация деревьев в насаждении может произойти только при полном смыкании полога в рядах и междурядах.

Распределение деревьев по степени мутовчатости представлено в табл. 3. Установлено, что в климатических типах ели встречаются деревья всех трех типов мутовчатости, но с преобладанием особей со слабо выраженной степенью, доля которых составляет (53–89 %). У местного климатического типа ели количество особей с четко выраженным признаком мутовчатости наибольшее и составляет 47 %.

У других климатических типов в условиях Республики Коми доля деревьев с четко выраженной мутовчатостью колеблется от 8 до 39 %. По данным В.Я. Попова, П.В. Тучина, В.М. Жарикова [4], на 28-летней лесосеменной плантации ели семенного происхождения со свободно стоящими деревьями особи ели с четко выраженной мутовчатостью составляли в среднем 30 %, а доля особей со слабо выраженной мутовчатостью достигала 60 %. В изученных климатических типах ели, произрастаю-

щих в 33-летних рядовых культурах, географический градиент изменения признака не просматривается, что может быть связано с популяционными и видовыми особенностями породы.

В то же время установлено, что особи ели с четко выраженной мутовчатостью имеют лучший рост по сравнению с другими морфами. Они превосходят деревья со слабо выраженной мутовчатостью в 1,5–1,7 раза по высоте и 1,4–2,0 раза по диаметру, а деревья с невыраженным признаком мутовчатости – в 3,4–6,6 раза по высоте и в 4,1–6,8 раза по диаметру. Различия между категориями по выраженности мутовчатости доказаны статистически (табл. 4). Подобные результаты получены в Плесецком пункте испытания географических культур ели [5, 6].

Связь ростовых и морфологических проявлений у ели различного географического происхождения проявляется и по классам Крафта. Установлено, что деревья 1 класса Крафта в основном представлены особями с четко выраженной мутовчатостью. В переходном типе мутовчатости преобладают деревья 2 и 3 класса Крафта. Среди деревьев 4 и 5 класса Крафта отсутствуют деревья с четко выраженной мутовчатостью, но увеличивается доля деревьев без признаков мутовчатости (до 5 %).

Изученные климатические типы ели представлены елью европейской, сибирской и их переходными гибридными формами с преоблада-

Представленность и рост форм ели по степени выраженности мутовчатости в географических культурах Республики Коми

Лесорастительная подзона по С.Ф. Курнаеву (1973)	№ климатипа	Вид ели	Высота деревьев с разной степенью выраженности мутовчатости, м			Диаметр деревьев с разной степенью выраженности мутовчатости, см			Существенность различий между особями категорий выраженности мутовчатости $t_{st} = 1,98$	
			четко выражена	слабо выражена	не выражена	четко выражена	слабо выражена	не выражена	четко и слабо	слабо и не выраженной
Северотаежная	20	С	9,3	6,0	2,7	10,3 ± 0,76	6,0 ± 0,40	2,2 ± 0,77	5,0	4,4
Среднетаежная	4	Е	6,1	3,6	1,7	5,8 ± 0,43	3,2 ± 0,21	1,4 ± 0,06	5,4	8,2
	19	С	8,8	5,7	1,7	8,8 ± 0,53	5,3 ± 0,28	1,3 ± 0,15	6,4	12,6
	25	С	11,1	7,6	–	10,9 ± 0,70	7,3 ± 0,52	–	4,1	–
Южнотаежная	5	Е	8,3	6,0	1,5	8,0 ± 0,46	5,8 ± 0,32	1,3 ± 0,02	3,9	14,0
	41	С	7,7	4,6	1,4	7,9 ± 0,81	3,9 ± 0,23	1,3 ± 0,02	4,8	11,3
Северная подзона смешанных лесов	31	С	10,5	6,2	1,6	9,3 ± 1,33	5,9 ± 0,38	1,4 ± 0,06	2,6	11,7
Южная подзона смешанных лесов	29	Е	7,5	4,5	1,5	6,8 ± 0,56	4,1 ± 0,27	1,3 ± 0,04	4,3	10,3

Примечание: Е – ель европейская и гибриды с преобладанием признаков европейской, С – ель сибирская и гибриды с преобладанием признаков сибирской.

Распределение деревьев (%) по классам Крафта и степени выраженности мутовчатости при группировке климатипов по видам ели

Вид ели	Число популяций	Класс Крафта			Степень мутовчатости		
		1	2+3	4+5	с четко выраженными признаками	со слабо выраженными признаками	с не выраженными признаками
Ель сибирская и гибридная с признаками сибирской	5	27,2	57,6	15,2	21,2	71,8	7,0
Ель европейская и гибридная с признаками европейской	3	27,0	51,3	21,6	32,3	58,4	9,3

нием того или иного видового признака. Вид ели устанавливали по характеристикам исходных популяций, приведенных в паспортах государственного реестра географических культур, и подтверждали по шишкам, собранным в потомствах [7, 8].

При группировке климатипов по видам ели (табл. 5) показатели класса Крафта колеблются незначительно, но отмечено, что количество деревьев 4 и 5 класса Крафта немного больше у ели европейской и гибридной с признаками ели европейской. Большее количество угнетенных и ослабленных деревьев у данного вида ели связано с продолжающимся отпадом деревьев у западных и юго-западных

климатипов из зоны произрастания ели европейской, в силу низкой адаптационной устойчивости в суровых климатических условиях Республики Коми.

В изученных климатипах ели средняя доля деревьев с четко выраженной мутовчатостью у ели сибирской и гибридной с признаками сибирской составила 21,2 %, а ели европейской и ели гибридной с признаками ели европейской – 32,3 % при близких значениях числа деревьев с невыраженной мутовчатостью – 7,0 % и 9,3 % соответственно. У ели европейской и гибридной с признаками европейской распределение деревьев по категориям степени мутовчатости более вы-

ровненное, что может быть связано со значительным отпадом особей в раннем возрасте и более свободным стоянием деревьев к моменту исследования, обеспечивающим наиболее полное проявление морфологических признаков, по сравнению с густыми посадками в рядах. К тому же следует учитывать, что выжили ко 2-му классу возраста культур самые устойчивые особи, отличающиеся интенсивным ростом.

Таким образом, во всех климатипах ели происходит дифференциация деревьев по классам Крафта и по степени выраженности мутовчатости. Распределение особей по морфам связано с местом произрастания исходных насаждений ели, ее видом, популяционными особенностями, с дальностью переброски и условиями места испытания потомства. В 33-летних культурах ели в Республике Коми при неполном их смыкании преобладают деревья 2 и 3 класса Крафта, что соответствует нормальному распределению насаждения [9]. Они, как правило, представлены особями со слабовыраженной мутовчатостью (53–89 %). Особи с четко выраженной мутовчатостью отличаются лучшим ростом, а особи с невыраженной мутовчатостью характеризуются сниженными темпами роста и склонны к угнетению.

Библиографический список

1. Проказин, Е.П. Изучение имеющихся и создание новых географических культур (программа и методика работ) / Е.П. Проказин. – Пушкино: ВНИИЛМ, 1972. – 52 с.
2. Попов, В.Я. Комплексная селекционная оценка плюсовых деревьев сосны и ели на европейском Севере / В.Я. Попов, П.В. Тучин, В.М. Жариков и др. // НИР за 1981–1985 гг. – М.: Лесная пром-сть, 1986. – С. 101–106.
3. Попов, В.Я. Оценка потенциальной продуктивности ели обыкновенной по косвенным признакам в молодом возрасте / В.Я. Попов, П.В. Тучин, М.В. Сурсо // Вопросы искусственного лесовосстановления на европейском Севере. – Архангельск: АИЛиЛХ, 1986. – С. 45–54.
4. Попов, В.Я. Создание постоянных лесосеменных участков ели на селекционной основе. Методич. пособие / В.Я. Попов, П.В. Тучин, В.М. Жариков – Архангельск: АИЛиЛХ, 1990. – 16 с.
5. Гвоздихина, О.А. Географические культуры ели в Архангельской области / О.А. Гвоздихина: дисс. ... канд. с.-х. наук. – Архангельск, 2004. – 20 с.
6. Наквасина, Е.Н. Морфологическая изменчивость ели в географических культурах Архангельской области / Е.Н. Наквасина, Н.А. Прожерина, О.А. Юдина // Лесоведение. – 2009. – № 5. – С. 28–34.
7. Попов, П.П. Ель европейская и сибирская / П.П. Попов. – Новосибирск: Наука, 1999. – 166 с.
8. Правдин, Л.Ф. Ель европейская и ель сибирская в СССР / Л.Ф. Правдин. – М.: Наука, 1975. – 52 с.
9. Анучин, Н.П. Лесная таксация: Учебник для вузов / Н.П. Анучин. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – 552 с.

ХОД ЛИГНИФИКАЦИИ КЛЕТОК ОДНОЛЕТНИХ ПОБЕГОВ НЕКОТОРЫХ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА БОБОВЫЕ (*FABACEAE LINDL.*), ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В НИЖЕГОРОДСКУЮ ОБЛАСТЬ

Е.И. ЗАХАРОВА, *ст. преподаватель каф. лесных культур НГСХА*

robinia@bk.ru

Сезонный ритм развития является одной из важнейших биологических особенностей древесных растений и находится во взаимосвязи с периодически изменяющимися условиями окружающей среды.

Ритму сезонного развития отводится значительная роль в оценке перспективности растений для новых условий произрастания [1 и др.]. Ритм развития – важнейший показатель реакции растений на определенные климати-

ческие условия. Причинами недостаточной морозо- и зимостойкости большинства древесных интродуцентов является несоответствие их морфофизиологических ритмов ритму сезонных явлений нового района произрастания [2, 3].

Многие исследования показывают, что растения, рано заканчивающие ростовые процессы, своевременно входящие в состояние покоя и проходящие закаливание, отличаются высокой зимостойкостью [4].

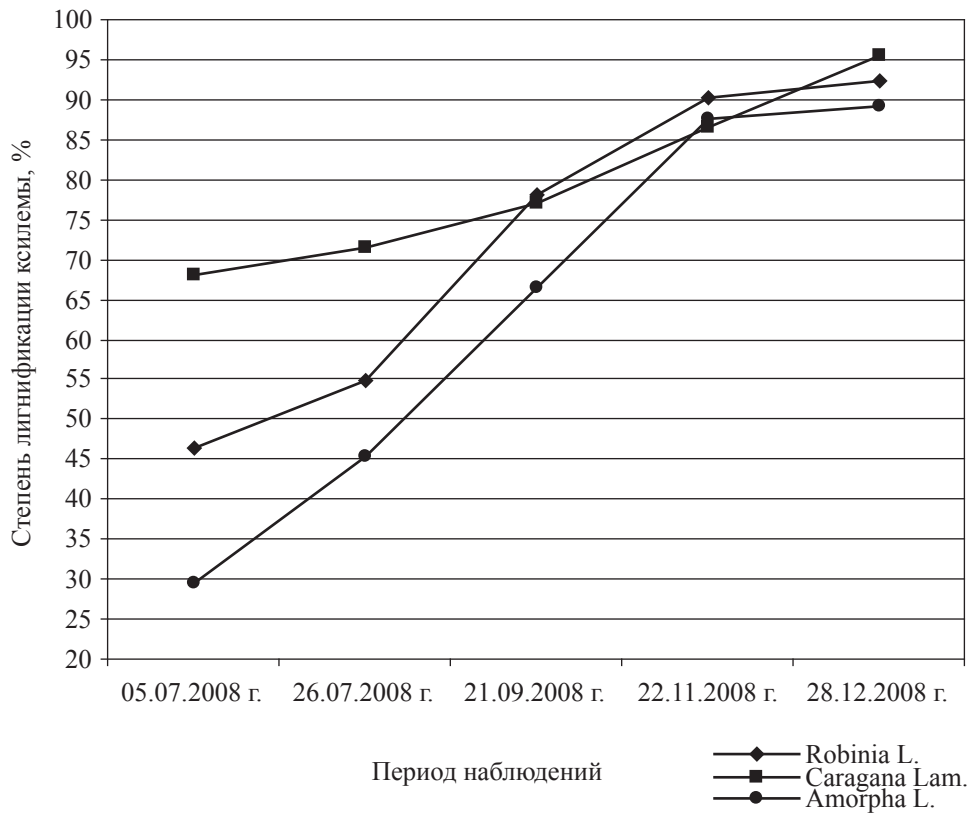


Рис. 1. Лигнификация клеток ксилемы древесно-кустарниковых представителей семейства *FABACEAE Lindl.* в 2008 г.

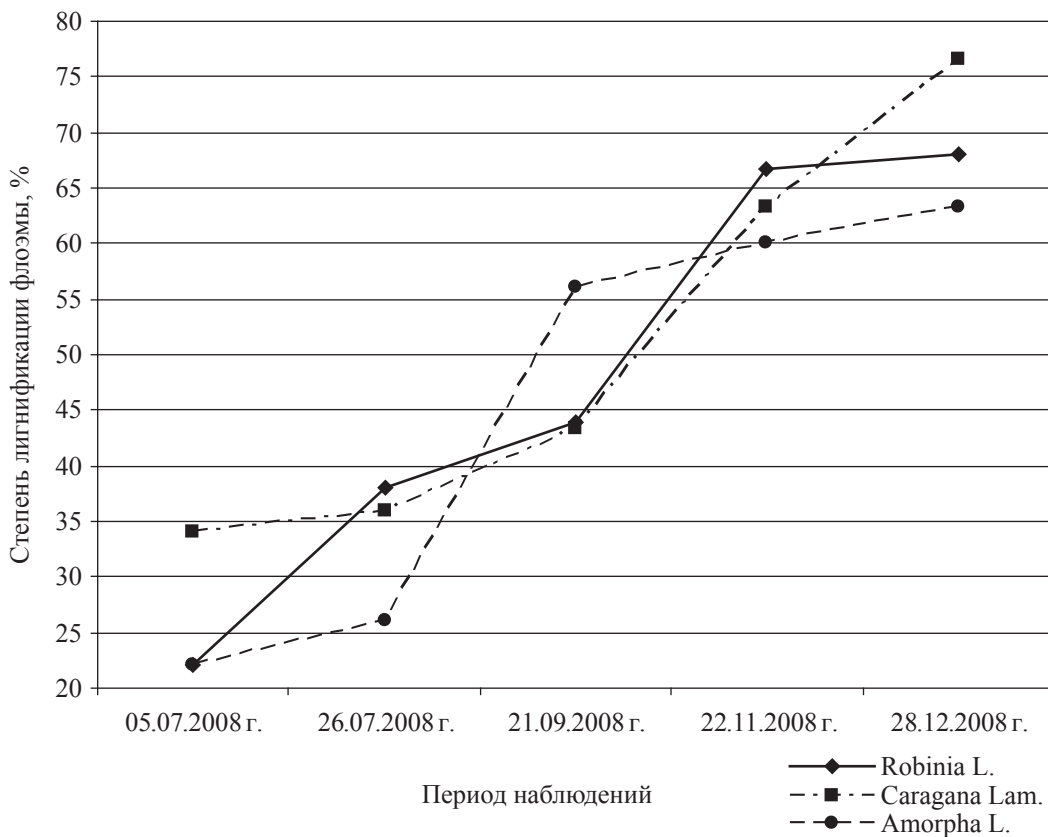


Рис. 2. Лигнификация клеток флоэмы древесно-кустарниковых представителей семейства *FABACEAE Lindl.* в 2008 г.

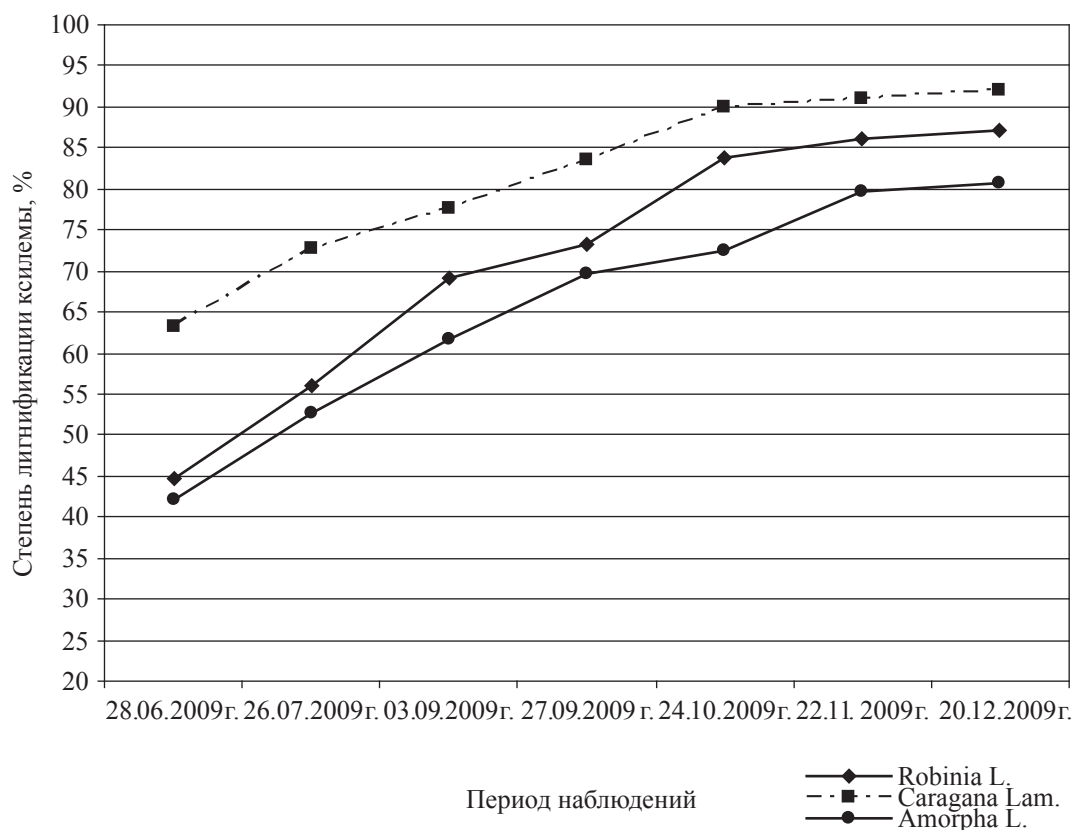


Рис. 3. Лигнификация клеток ксилемы древесно-кустарниковых представителей семейства *FABACEAE Lindl.* в 2009 г.

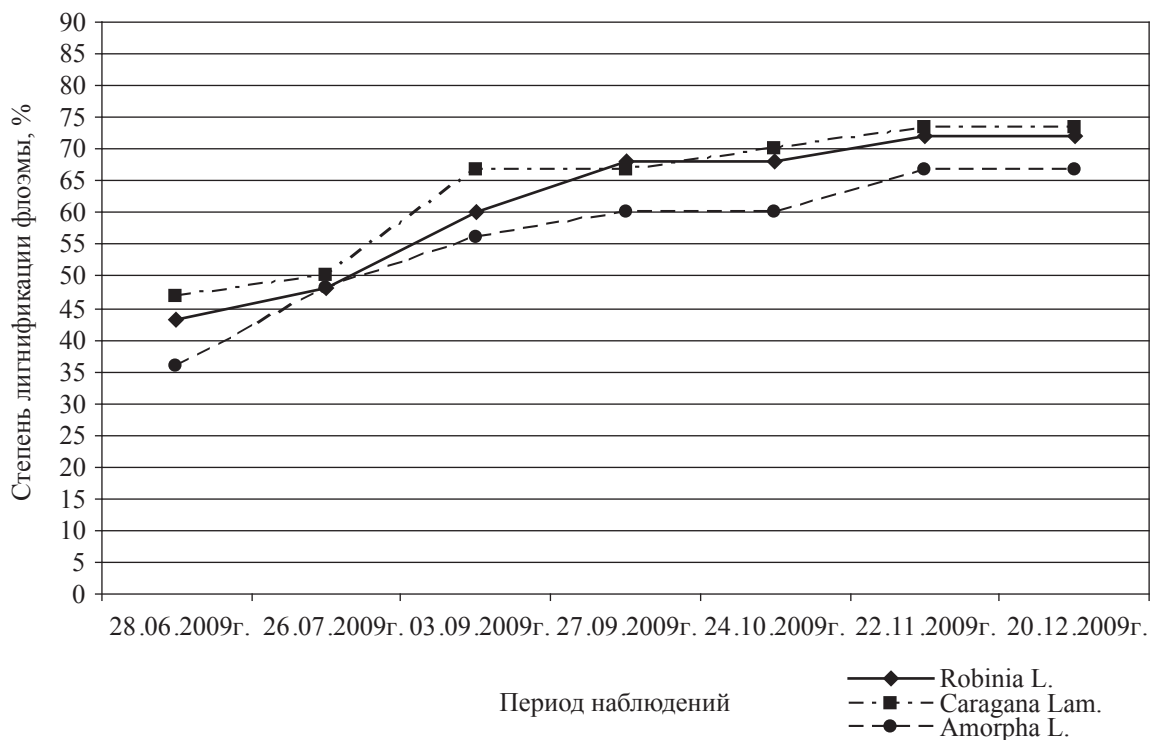


Рис. 4. Лигнификация клеток флоэмы древесно-кустарниковых представителей семейства *FABACEAE Lindl.* в 2009 г.

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа степени лигнификации клеток ксилемы древесных представителей семейства *FABACEAE Lindl*

Признак	Критерий Фишера (по факторам)						Сила влияния фактора			
	А		В		АВ		А	В	АВ	З
	F_{on}	F_{05}	F_{on}	F_{05}	F_{on}	F_{05}	h^2	h^2	h^2	h^2
Степень лигнификации клеток ксилемы	89,7	1,7	112,6	3,8	1,9	1,7	0,22	0,66	0,02	0,1

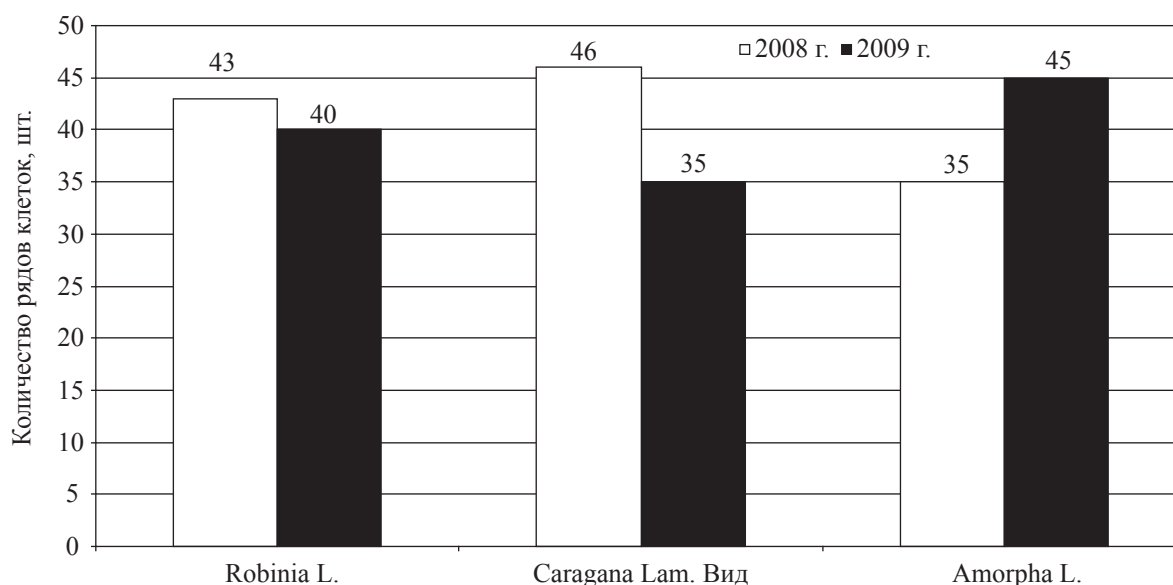


Рис. 5. Количество рядов клеток ксилемы, образовавшихся за один вегетационный период в од-
нолетних побегах древесно-кустарниковых представителей семейства *FABACEAE Lindl*

При подготовке древесно-кустарниковых растений к перезимовке значительные изменения происходят в клетках ксилемы [5, 6]. Одним из характерных признаков подготовки растений-интродуцентов к зиме является процесс вызревания древесины. Под вызреванием древесины понимается совокупность процессов дифференциации клеток ксилемы из камбиальных клеток и лигнификация их оболочек, идущих одновременно или разновременно в процессе онтогенеза [7 и др.].

Целью исследования являлась оценка физиологического состояния древесно-кустарниковых представителей семейства *FABACEAE Lindl.* в условиях Нижегородской области по характеру хода лигнификации ксилемы и флоэмы.

Объектами исследования служили виды семейства *FABACEAE Lindl.*, имеющиеся в коллекции питомника-дендрария Дзер-

жинского лесхоза Нижегородской области: робиния лжеакация (*Robinia pseudoacacia L.*), аморфа кустарниковая (*Amorpha fruticosa L.*), карагана древовидная (*Caragana arborescens Lam.*).

Для диагностики вызревания древесины нами использовались гистохимические методы, основанные на применении цветных реакций [7–10].

Одревесневшая, т.е. пропитанная лигнином клетчатка, хорошо окрашивается 5 % спиртовым раствором флороглюцина и 25 % серной кислотой.

Степень лигнификации стенок клеток ксилемы оценивалась по соотношению зон клеток с различной степенью лигнификации: зона клеток, имеющих много лигнина, устанавливается по наличию интенсивного окрашивания в вишнево-красный цвет, что соответствует состоянию полного одревеснения – полной лигнификации; зона клеток,

имеющих мало лигнина, устанавливается по наличию розового или бледно-розового окрашивания, что соответствует полуодревесневшим клеткам или клеткам с частичной лигнификацией ксилемы; зона клеток, не содержащих лигнин, устанавливается по отсутствию окраски, что соответствует недревесневшим клеткам без признаков лигнификации.

По каждой зоне отдельно велся учет количества рядов клеток в радиальном направлении, что позволило выявить долю клеток с полной лигнификацией, долю клеток с частичной лигнификацией (полуодревесневших) и долю клеток без лигнификации.

Опыты проводились в течение 2008 и 2009 гг. Для выполнения гистохимических исследований использовались однолетние побеги. Временные препараты (окрашенные поперечные срезы побегов) исследовались с помощью микроскопа МИКМЕД-1.

Ход лигнификации клеток ксилемы изучаемых интродуцентов в 2008 г. представлен на рис. 1.

Рис. 1 показывает ход лигнификации древесно-кустарниковых представителей семейства *FABACEAE Lindl.* и отражает их неоднородность в этом отношении. Карагана древовидная демонстрирует более раннее начало процесса лигнификации ксилемы, по сравнению с остальными видами, что обусловлено ее биологическими особенностями. Для вступления в вегетационный период ей нужна меньшая сумма положительных температур, поэтому ростовые процессы у нее начинаются раньше, чем у других изучаемых видов. В начале июля степень лигнификации ксилемы у караганы составила 68 %, затем данный процесс протекал у данного вида достаточно плавно, достигнув к периоду покоя 95 %.

У робинии лжеакация и аморфы кустарниковой лигнификация клеток ксилемы происходит более скачкообразно. В начале июля степень лигнификации робинии составила 46 %, достигнув к концу вегетационного периода 92 %, что свидетельствует о достаточной подготовленности данного

вида к условиям значительного похолодания и ее значительной морозоустойчивости.

Аморфа кустарниковая на начальных этапах изучаемого процесса отличалась пониженными темпами лигнификации ксилемы, однако к периоду покоя практически догнала остальные виды, достигнув 89 % лигнификации.

Невысокая степень вызревания флоэмы связана с тем, что клеточные стенки лубяных волокон большинства видов лигнифицированы в меньшей степени, чем у древесных волокон, а могут и не иметь лигнина.

На рис. 2 видно, что наибольшая степень лигнификации флоэмы наблюдалась у караганы (77 % к периоду покоя), наименьшая – у аморфы кустарниковой (63 %), робиния лжеакация заняла промежуточное положение – 68 %. Однако протекал этот процесс у разных видов неодинаково.

На рис. 3 видно, что общая тенденция данного процесса сходна с его режимом в 2008 г. Наибольшей степенью лигнификации характеризуется карагана древовидная (63 % к концу июня – на начальных этапах данного процесса и 92 % к периоду покоя), наименьшей аморфа кустарниковая – 42 и 81 % соответственно. Степень лигнификации ксилемы у робинии лжеакация в конце июня составила 45 %, к периоду покоя – 87 %.

Лигнификация клеток флоэмы в 2009 г. представлена на рис. 4.

Представленные рисунки наглядно изображают закономерность процесса лигнификации и позволяют сделать выводы о подготовленности интродуцентов к условиям зимы. Карагана древовидная характеризуется ранней приостановкой камбиальной деятельности, непродолжительным периодом дифференциации клеток древесины и, как следствие, более ранними сроками вызревания побегов, что говорит о высокой зимостойкости данного вида. Робиния лжеакация, как более теплолюбивый вид, вследствие более позднего начала процесса вегетации и его большей продолжительности не всегда успевает так полно подготовить свои побеги к периоду пониженных темпе-

ратур, то же самое происходит и с аморфой кустарниковой.

На основании приведенных результатов и фенологических наблюдений можно сделать вывод о том, что карагана древовидная является более морозоустойчивым видом – побеги ее вызревают на 92–95 %, и даже суровые зимы не вызывают их повреждения. Аморфа кустарниковая менее зимостойка среди изучаемых экзотов – побеги ее вызревают на 81–89 %, а в зимний период у нее может происходить повреждение побегов текущего года. Робиния лжеакация занимает промежуточное положение.

Степень развитости зоны ксилемы – по количеству рядов клеток ксилемы, образовавшихся за один вегетационный период, у изучаемых видов представлена на рис. 5.

Рис. 5 характеризует исследуемые древесно-кустарниковые виды семейства *FABACEAE Lindl.* по их способности формировать зону ксилемы в побегах. Все изучаемые виды демонстрируют примерно одинаковую способность в темпах формирования клеток ксилемы – от 35 до 46 рядов

Для выявления действия организованных факторов на степень лигнификации клеток ксилемы у различных древесно-кустарниковых представителей семейства *FABACEAE Lindl.* был проведен двухфакторный дисперсионный анализ (таблица). В анализе учитывалось действие на анализируемый признак таких факторов, как различия между видами (фактор А), различия в календарных сроках (фактор В), различия по взаимному влиянию вида и календарного срока (фактор АВ).

Данные таблицы свидетельствует о наличии существенных различий между представителями древесно-кустарниковых видов семейства *FABACEAE Lindl.* по анализируемому признаку. Опытные значения *F*-критерия Фишера превосходят соответствующие табличные значения по всем организованным факторам. Критерий Фишера по фактору А составил – 89,7 ($F_{05}^A=1,7$), по фактору В – 112,6 ($F_{05}^B=3,8$), по фактору АВ – 1,9 ($F_{05}^{AB}=1,7$).

Приведенные результаты хода лигнификации клеток ксилемы свидетельству-

ют о достаточной приспособленности изучаемых видов к условиям Нижегородской области, поскольку способны достаточно полно подготовить побеги к воздействию продолжительных пониженных температур. Проведенные исследования показывают, что к периоду устойчивых отрицательных температур степень лигнификации клеток ксилемы у представителей бобовых достигает 80–95 %. Данный показатель зависит как от влияний климатических факторов, так и от генетических особенностей вида, что подтверждено результатами дисперсионного анализа.

Библиографический список

1. Ворошилов, В.Н. Ритм развития у растений / В.Н. Ворошилов. – М.: АН СССР, 1960. – 136 с.
2. Сергеев, Л.И. Морфофизиологическая периодичность и зимостойкость древесных растений / Л.И. Сергеев, К.А. Сергеева, В.К. Мельников. – Уфа, ин-т биол. Башкирск. фил. АН СССР, 1961. – 213 с.
3. Климаченко, А.Ф. Типы роста и приспособления растений к условиям существования / А.Ф. Климаченко // Физиологические механизмы адаптации и устойчивости у растений. – Новосибирск: Наука, 1973. – Ч. 2. – С. 63–66.
4. Шкутко, Н.В. Интродукция древесных растений в Белоруссию / Н.В. Шкутко, А.А. Чаховский, Е.З. Бобореко // Интродукция и селекция растений. – Минск, «Наука и техника», 1972. – С. 51–65.
5. Реброва, Е.Ю. Оценка морозоустойчивости местных и интродуцированных хвойных пород в условиях Южного Приморья: дис. ... канд. биол. наук: 06.03.03 / Е.Ю. Реброва. – Уссурийск, 2003. – 166 с.
6. Коляда, А.С. Древесные растения Приморья: морфология в зимний период, транспирация хвойных высокогорья, биология и возможности использования *Araliaceae Juss.*: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.32 / А.С. Коляда. – Владивосток, 2008. – 295 с.
7. Генкель, П.А. Состояние покоя и морозоустойчивость плодовых растений / П.А. Генкель, Е.З. Окнина. – М.: Наука, 1964. – 244 с.
8. Пролина, Н.М. Ботаническая микротехника / Н.М. Пролина. – М.: Высшая школа, 1960. – 205 с.
9. Барская, Е.И. Изменения хлоропластов и вызревание побегов в связи с морозоустойчивостью древесных растений / Е.И. Барская. – М.: Наука, 1967. – 223 с.
10. Ермаков, А.И. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков и др. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО
НА УРОВНЕ ОРГАНИЗМА В ОНТОГЕНЕЗЕ В ЕВРОПЕЙСКОЙ
ЧАСТИ РОССИИ**

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

proximus77@mail.ru

Иntenсивное использование ценной древесины дуба за последние столетия привело к резкому сокращению площадей, занятых этой породой. Поэтому сохранение, восстановление и повышение продуктивности дубрав является важной задачей лесного хозяйства страны [1]. Управление ростовыми процессами растений и фитоценозов, а также программирование их продуктивности невозможно без учета количественных данных на уровне целого организма и во взаимосвязи фотосинтетической активности листового аппарата, минеральной и биологической продуктивности, а также депонирования углерода. Однако такие исследования крайне редки и проводились лишь на сеянцах [2]. В более позднем возрасте, когда дерево образует глубокую и разветвленную корневую систему и имеет большие размеры и массу, изучение минерального питания и фотосинтеза на уровне организма с помощью балансовых опытов становится крайне затруднительным. Поэтому при исследовании продуктивности лесных насаждений преобладают работы и методики, не выходящие на уровень организма и базирующиеся, как правило, на измерении только морфометрических показателей [3], что почти не позволяет судить о продуктивности растений с физиологической точки зрения. Тем не менее, при использовании накопленных к настоящему времени физиологических разработок [4] и таксационных данных становится возможным перейти к получению количественных характеристик фотосинтеза и питания растений на уровне организма практически в любом возрасте. В задачу нашего исследования входило получение на уровне организма количественных характеристик минеральной и биологической продуктивности, фотосинтеза, депонирования углерода и характера связей между фотосинтетическим аппаратом и корневой системой растений дуба черешча-

того I–IV бонитетов в онтогенезе.

Объектами исследования служили таблицы нормальных древостоев дуба черешчатого порослевого (*Quercus robur L.*): I, II, III и IV бонитетов (с. 635–636), произраставших в центральных районах европейской России, составленные В.А. Усольцевым [5]. Возрастные диапазоны для I и II бонитетов находились в пределах от 15 до 120 лет, для III бонитета – от 15 до 110, а для IV бонитета – от 15 до 100 лет. Массы средних модельных деревьев были получены через каждые 5 лет из сотен и тысяч экземпляров. Таксационные данные по массам корней, листьев, древесины стволов и сучьев были пересчитаны на одно растение по возрастам и использованы для определения физиологических показателей. Продолжительность вегетационного периода составила 140 дней (безморозный период), так как осенние и весенние отрицательные температуры разрушают пигментную систему фотосинтетического аппарата и резко снижают его деятельность на границах вегетации [6]. С растений дуба, произрастающих в разновозрастных насаждениях, были взяты пробы листьев, ветвей, древесины с корой и корней, сгруппированы по органам, высушены, и в них проведено определение содержания *N*, *P*, *K*, *Ca* и *Mg* общепринятыми агрохимическими методами. Площадь листьев рассчитывали весовым методом, чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) в среднем за каждый пятилетний период – по А.А. Ничипоровичу [7], депонирование углерода единицей площади листьев – по К.С. Бобковой и В.В. Тужилкиной [8], а растениями на 1 га – путем умножения количества углерода, накопленного 1 м² площади листьев, на усредненную площадь листьев, приходящуюся на 1 га фитоценоза сравниваемых возрастов. Для определения величины активной поверхности корней целого растения были

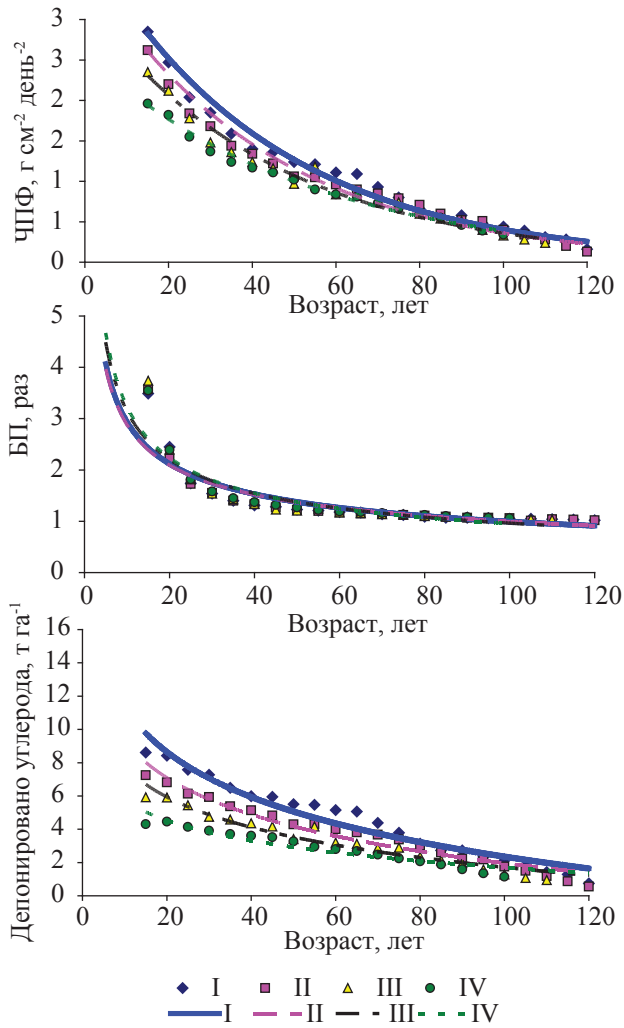


Рис. 1. Фотосинтез, биологическая продуктивность и депонирование углерода у дуба черешчатого I-IV бонитетов в онтогенезе

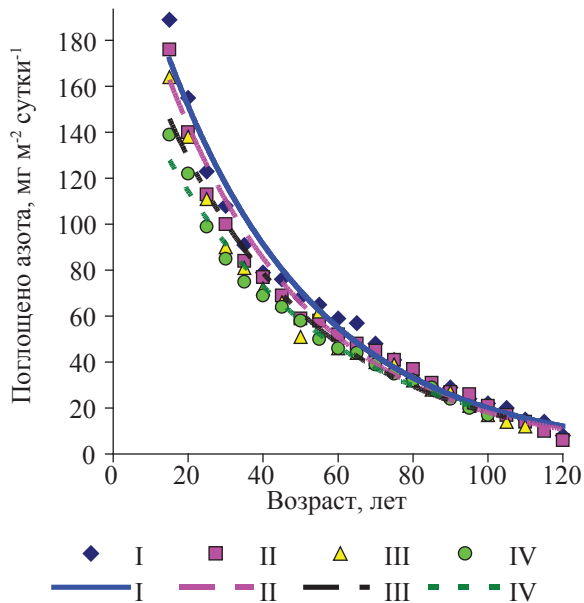
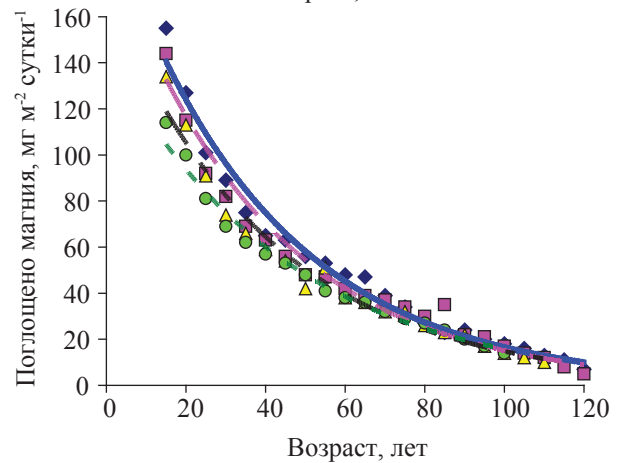
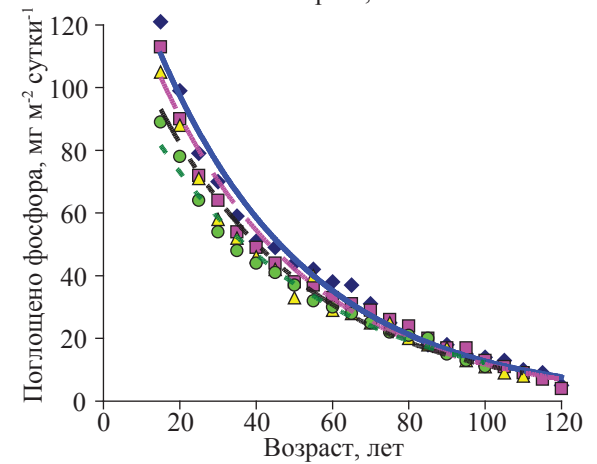
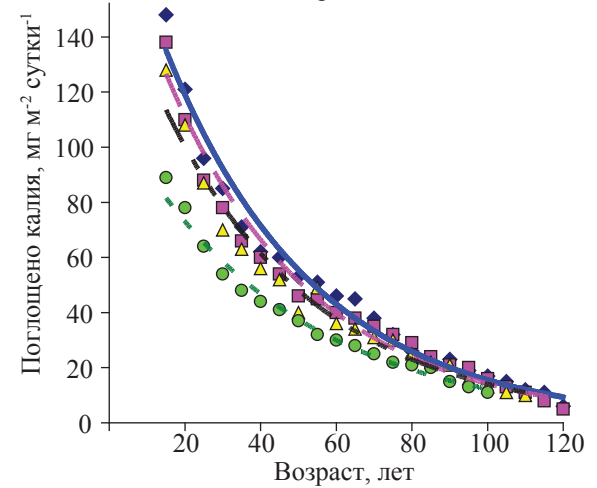
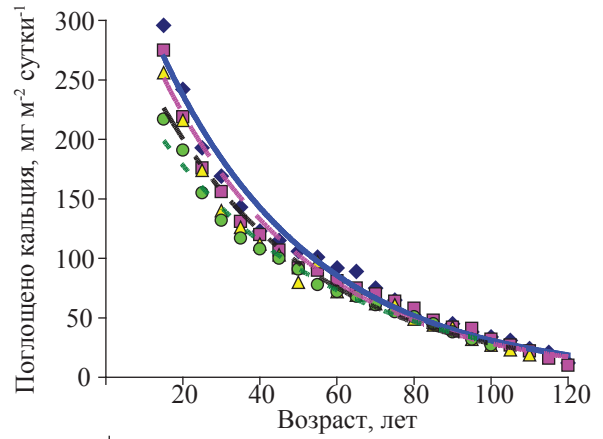


Рис. 2. Минеральная продуктивность дуба черешчатого по I-IV бонитетам в онтогенезе



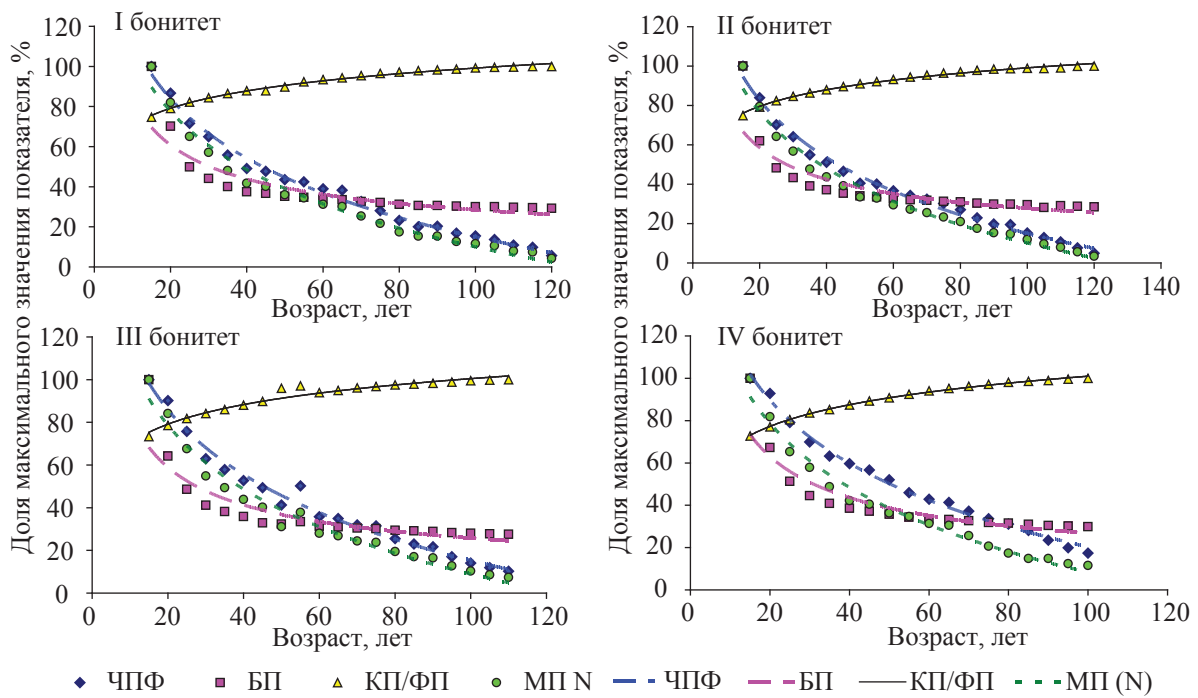


Рис. 3. Характер взаимосвязи основных физиологических показателей дуба черешчатого в онтогенезе

использованы данные, полученные нами в модельных опытах с одно- и двухлетними растениями, выращенными на дерново-подзолистых и серых лесных почвах. Детальный анализ активной части корневой системы и минеральной продуктивности корней (МП) проведен по В.М. Лебедеву и Е.В. Лебедеву [9, 2]. В силу высокого постоянства фитометрических характеристик активных корней в пределах растения (диаметра, длины активного корня, величины удельной активной поверхности корневой системы (УАПКС) и длины корней, приходящейся на единицу массы пряди диаметром 2–3 мм) для определения поверхности корней целого растения были использованы усредненные значения УАПКС и длины активной поверхности корневой системы дуба, приходящейся на единицу массы пряди [2]. Для расчетов применяли значения УАПКС и длины активных корней, приходящихся на единицу массы пряди, равными: $2,3 \text{ см}^2 \text{ м}^{-1}$ и 30 м г^{-1} соответственно, из чего следует, что на 1 г сухой массы пряди приходилось 69 см^2 активной поверхности корней. Так как листовая аппарат и активная часть корневой системы являются двумя сторонами единого процесса питания растения, то между ними всегда существует тесная функциональная связь. Соотношение между корневым потен-

циалом (КП) и фотосинтетическим потенциалом (ФП) в наших опытах [1] в среднем для дуба было равно 0,41. В функциональном отношении это означает, что 1 м^2 активной поверхности корней может обслужить $2,4 \text{ м}^2$ площади листьев. Используя средние значения отношений поверхности активных корней к площади листьев дуба, полученные в модельных опытах, можно восстановить активную поверхность корневой системы при известной площади листьев. Следовательно, знание площади листового аппарата у среднего модельного растения в каждом возрастном периоде позволяет вычислить размер активной поверхности корней целого растения и долю активной части (корневых мочек) в массе корневой системы. По нашим расчетам, корневые мочки составляют не более 3 % от массы всей корневой системы растения. И эта доля активных корней в массе корней среднего растения была использована в наших расчетах. Вычисленные размеры корневого потенциала (КП) в каждом возрастном периоде позволяют определить усредненную минеральную продуктивность растений. При этом исходили из того, что биомасса активной поглощающей части корневой системы в низкопроизводительных лесных фитоценозах мало отличается от высокопродуктивных

[10]. Содержание минеральных элементов в единице биомассы модельного дерева в каждом возрастном периоде определено с учетом соотношения между органами. О накоплении минеральных элементов модельными растениями судили по разнице содержания их в биомассе всего растения между сравниваемыми возрастными периодами. Биологическую продуктивность (БП) находили по относительному увеличению массы растения в сравниваемых периодах. Полученные материалы подвергнуты корреляционному и регрессионному анализу на ПК с использованием пакета программ *MS Excel*.

Определение чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) растений дуба показало, что у *I* и *II* бонитетов за период онтогенеза она снижалась в 17,8 и 20,2 раза, у растений *III* бонитета – в 9,8 раза, а у *IV* бонитета – в 5,8 раза (рис. 1). У растений всех бонитетов связь ЧПФ с возрастом была высокой отрицательной (r варьировал от $-0,955$ до $-0,975$) и аппроксимировалась степенными функциями с высокой достоверностью.

Биологическая продуктивность (БП) растений дуба в рассматриваемых для бонитетов возрастных периодах падала в 3,4–3,6 раз. Наибольшее падение БП наблюдалось к 40–45 годам у всех бонитетов, после чего этот показатель постепенно снижался. Связь БП с возрастом была отрицательной, однако не характеризовалась как высокая (r варьировал от $-0,682$ до $-0,735$), но аппроксимировалась с высокой достоверностью степенными функциями. Необходимо отметить, что значения БП у всех бонитетов изменялось с возрастом в гораздо меньшей степени, чем ЧПФ, что можно объяснить внутренней регуляторной деятельностью растения.

Количество углерода, депонированного фотосинтетическим аппаратом растений дуба в расчете на 1 га за период онтогенеза, уменьшалось от *I* бонитета к *IV*. Разница между максимальным и минимальным значениями увеличивалась пропорционально росту бонитета и составляла соответственно 11,5, 12,9, 6,2 и 3,9 раз для *I*, *II*, *III* и *IV* бонитетов. Связь показателя с возрастом была высокая обратная (r варьировал от $-0,989$ до $-0,995$).

Зависимости *I–IV* классов бонитета аппроксимировались логарифмическими функциями с высокой достоверностью.

Поглотительная активность корневой системы дуба у всех бонитетов по всем минеральным элементам уменьшалась с возрастом (рис. 2). Минеральная продуктивность (МП) по азоту падала с возрастом в 8,2–29,3, по фосфору – в 8,1–28,3, по калию – в 7,8–27,6, по кальцию – в 8,0–27,5, а по магнию – в 8,1–28,8 раза. Максимальные различия МП в онтогенезе наблюдались у дуба *II* бонитета, а минимальные – у *IV*. Максимальное количество каждого элемента поглощалось в насаждениях *I* бонитета, а минимальное – у растений *IV* бонитета до 45 летнего возраста, после которого показатели бонитетов начинают меняться местами. Минеральные элементы по интенсивности их поглощения в расчете на единицу активной поверхности корней в сутки во все возрастные периоды располагаются в порядке убывания: $Ca > N > Mg > K > P$. Связь поглощения азота с возрастом была высокой отрицательной (r варьировал от $-0,977$ до $-0,995$ по бонитетам). По фосфору, калию, кальцию и магнию по всем четырем бонитетам также наблюдалась высокая обратная корреляция с возрастом (r варьировал от $-0,924$ до $-0,947$, от $-0,924$ до $-0,946$, от $-0,924$ до $-0,947$ и от $-0,924$ до $-0,948$ соответственно).

Для того, чтобы рассмотреть характер взаимосвязи процессов роста, фотосинтеза и минерального питания деревьев дуба в онтогенезе, показатели БП, ЧПФ, МП (по азоту), а также отношение корневого потенциала к фотосинтетическому КП ФП⁻¹ были представлены в одном масштабе в виде доли от максимальных их значений, выраженных в процентах (рис. 3). Физиологические показатели сравнивались с усвоением корнями азота, являющегося ведущим элементом питания растений.

Отношение КП ФП⁻¹ в пределах онтогенеза во всех бонитетах изменялось в 1,3–1,4 раза. С возрастом у всех бонитетов снижалась функциональная связь корневой системы с листовым аппаратом. Так, если в 15 лет у растений *I* бонитета единица активной поверхности корней могла обслужить 20,4 единиц

площади листьев, то к 120 годам она могла обслужить только 15,2 единицы. У IV бонитета в 15 лет эта величина составила 21,8, а в конце онтогенеза – 15,9 единицы площади листьев. Связь между КП ФП⁻¹ и возрастом аппроксимировалась степенной функцией с высокой достоверностью, а корреляция между ними была высокой положительной (r варьировал от 0,993 до 0,998). Рост соотношения КП ФП⁻¹ сопровождался снижением поглощения азота в расчете на единицу активной поверхности корневой системы растений дуба в сутки, что подтверждается наличием высокой обратной связи между КП ФП⁻¹ и МП (r варьировал от –0,977 до –0,995 в зависимости от бонитета). Корреляции КП ФП⁻¹ с БП и ЧПФ также были высокими отрицательными (r варьировал соответственно от –0,855 до –0,874 и от –0,963 до –0,993).

Приведенные данные свидетельствуют о том, что растения дуба всех бонитетов на протяжении длительного времени, начиная с 40–45-летнего возраста, испытывали жесткую нехватку в элементах минерального питания, что негативно отразилось на поглотительной деятельности корней, фотосинтетической активности листового аппарата и биологической продуктивности растений. В условиях низкой обеспеченности почвы минеральными элементами корневая система растений дуба не могла активизировать поглотительную активность, и для улучшения условий минерального питания на уровне организма произошло изменение соотношения корневого потенциала к фотосинтетическому (КП ФП⁻¹), что позволяло растениям в течение длительного времени обеспечивать надземную часть дополнительными количествами минеральных элементов для поддержания основного процесса питания растений – фотосинтеза. Поэтому в условиях низкой обеспеченности растений минеральными элементами увеличение ростовой реакции корней для освоения новых горизонтов почвы является ответной неспецифической адаптивной реакцией растений. При нарастающей нехватке азота и падении МП происходило снижение ЧПФ, а значит, и БП. Связь МП с ЧПФ и БП была высокой положительной (r был на уров-

не от 0,994 до 0,996 и от 0,987 до 0,906 соответственно). Тем не менее, из рис. 3 видно, что падение биологической продуктивности происходило более медленными темпами, чем МП и ЧПФ. Это подтверждается невысокой корреляцией БП с возрастом и связано с функциональными и физиологическими изменениями в растении с целью поддерживать продуктивность в изменяющихся условиях.

Показанные на рис. 3 закономерности изменения физиологических показателей в онтогенезе в сравнении с поглощением азота и корреляции этих показателей остаются аналогичными у растений I, II, III и IV бонитетов и при сравнении с поглощением P, K, Ca и Mg.

Выводы

1. Недостаток минеральных элементов является основным фактором, лимитирующим рост дуба черешчатого в условиях центра европейской России, и приводит к резкому падению биологической продуктивности к 40–45 годам с последующим переходом к медленному снижению.

2. С возрастом растений чистая продуктивность фотосинтеза во всех бонитетах снизилась в 17,8 и 20,2 раза, а минеральная продуктивность – в 8,2–29,3 по азоту, по фосфору – в 8,1–28,3, по калию – в 7,8–27,6, по кальцию – в 8,0–27,5, а по магнию – в 8,1–28,8 раза. Снижение биологической продуктивности и количества углерода, депонированного в расчете на 1 га за период онтогенеза, составило 3,4–3,6 и 3,9–11,5 раза соответственно в зависимости от бонитета.

3. Увеличение корневого потенциала относительно фотосинтетического является неспецифической адаптивной реакцией растений на ухудшение условий минерального питания, в результате чего у растений снижается функциональная связь корневой системы с листовым аппаратом. Этот процесс является морфофизиологическим ответом растения на низкое плодородие и позволяет поддерживать биологическую продуктивность на жизненно необходимом уровне при нарастающем ухудшении условий минерального питания.

4. Единственным доступным способом продления активного ростового периода

растений в онтогенезе является улучшение условий питания путем внесения минеральных удобрений, а на участках, предназначенных для создания лесных культур – предварительная биологическая рекультивация.

5. Предложенный способ преобразования таксационных данных в физиологические позволяет получать количественные данные фотосинтетической активности листового аппарата, минеральной и биологической продуктивности древесных пород на уровне организма в онтогенезе, что может быть теоретической основой для разработки агроприемов, повышающих продукционный процесс растений.

Библиографический список

1. Царалунга, В.В. Экологические проблемы восстановления отечественных дубрав / В.В. Царалунга, А.Л. Мусиевский // Генетика, селекция, семеноводство и воспроизводство древесных пород. – Воронеж: ВГЛТА, 2010. – С. 222–228.
2. Лебедев, В.М. Морфологические, функциональные и физиологические особенности активной части корневой системы лесообразующих пород Волго-Вятского региона / В.М. Лебедев, Е.В. Лебедев // Агрехимия. – 2011. – № 4. – С. 38–44.
3. Libus, J.; Mauer, O. Forest regeneration under standards of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) // J. Libus, O. Mauer // Acta Univ. Agr. Silvicult. Mendelianae Brunensis. – 2009. Vol. 57. N 5. – P. 197–204.
4. Лебедев, Е.В. Возможности повышения биологической продуктивности лесообразующих пород в условиях экологического потенциала Нижегородской области: дисс... канд. биол. наук. / Е.В. Лебедев. – Н. Новгород, 2003. – 193 с.
5. Усольцев, В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: нормативы и элементы географии / В.А. Усольцев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 763 с.
6. Курнаев, С.Ф. Лесорастительное районирование СССР / С.Ф. Курнаев – М.: Наука, 1973. – 203 с.
7. 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.
8. 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.
9. 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: МГСХА, 1998. – Т. 2. – С. 39–42.
10. Романовский, М.Г. Растительный покров и сезонные колебания концентрации CO_2 в атмосфере / М.Г. Романовский // Вестник МГУЛ–Лесной вестник. – 2009. – № 1. – С. 31–33.

ПРОДУКТИВНОСТЬ, ФОТОСИНТЕЗ И МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО, БЕРЕЗЫ ПУШИСТОЙ И ЛИПЫ СЕРДЦЕВИДНОЙ В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ НА УРОВНЕ ОРГАНИЗМА В ОНТОГЕНЕЗЕ

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

proximus77@mail.ru

Среди лесообразующих пород европейской части России важное место занимают дуб черешчатый, береза пушистая и липа сердцевидная, древесина и недревесная продукция которых используются в лесной промышленности, а сами насаждения имеют средообразующее и рекреационное значение. Для управления ростом и продуктивностью насаждений необходимо знание количественных данных фотосинтетической актив-

ности листового аппарата, минеральной и биологической продуктивности на уровне организма, а также характера их взаимосвязи. Однако такие исследования крайне редки и проводились лишь на сеянцах [1], так как в более позднем возрасте дерево и его листовая аппарат имеют значительную массу, а разветвленная корневая система проникает на значительную глубину, что делает крайне затруднительным изучение минерального

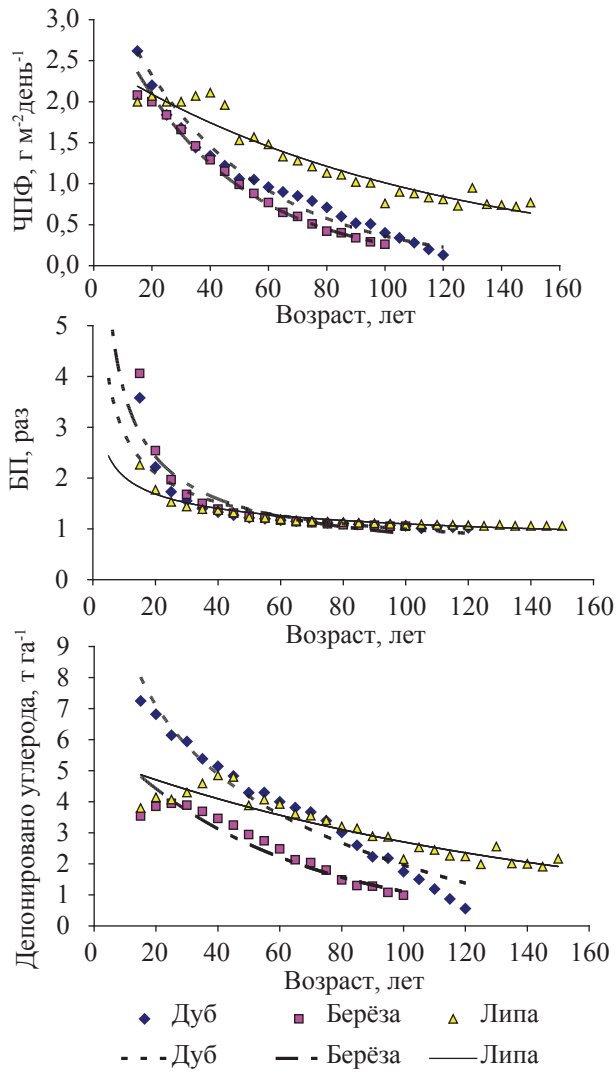


Рис. 1. Фотосинтез, биологическая продуктивность и депонирование углерода у дуба, берёзы и липы в онтогенезе

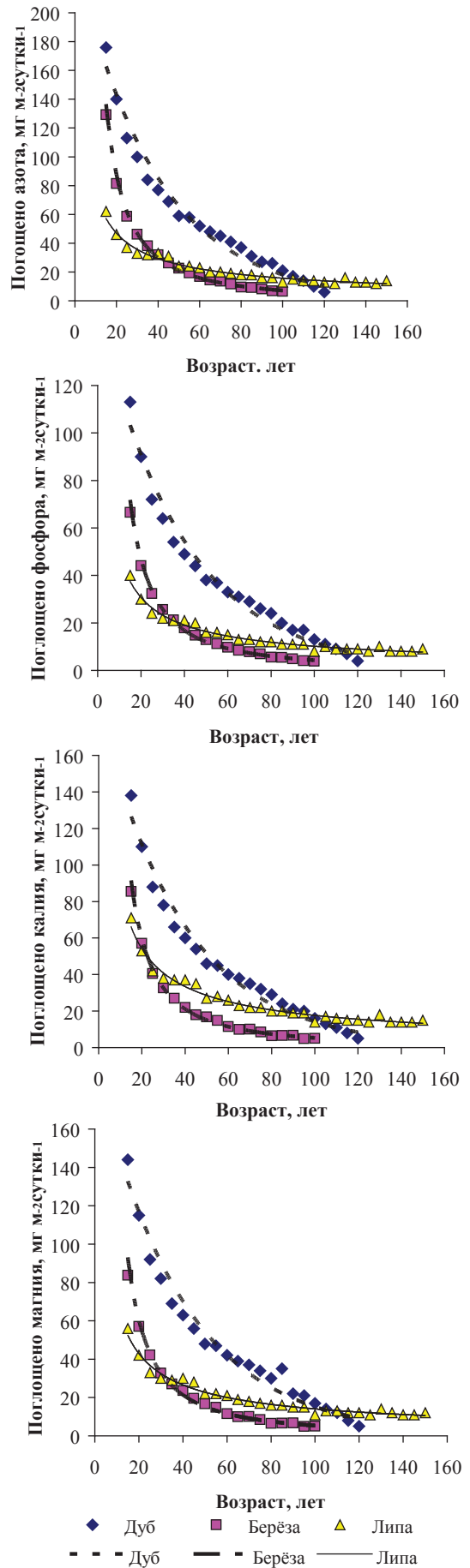


Рис. 2. Поглощение минеральных элементов дубом, берёзой и липой в онтогенезе

питания и фотосинтеза на уровне организма с помощью балансовых методов. Поэтому при изучении продуктивности насаждений доминируют работы и методики, не затрагивающие уровень организма и базирующиеся, как правило, на измерении только морфометрических показателей, что не позволяет судить о продуктивности растений с физиологической точки зрения. Между тем, таблицы по фитомассе лесов Северной Евразии, составленные В.А. Усольцевым [2] на основе анализа обширного фактического материала таблиц хода роста древостоев и рекурсивно-блочного моделирования на уровне организма, позволяют существенно расширить наши знания о биологии древесных растений в онтогенезе, привлекая для преобразования таксационных данных физиологические показатели, полученные в модельных микрополевых опытах с изучаемыми породами [3], и природно-климатические данные мест их произрастания. В задачу нашего исследования входило получение на уровне организма количественных характеристик фотосинтеза, минеральной и биологической продуктивности, депонирования углерода и характера связей между фотосинтетическим аппаратом и корневой системой растений дуба черешчатого, березы пушистой и липы сердцевидной в онтогенезе.

Объектами исследования (преобразования в физиологические данные) служили таблицы нормальных древостоев дуба черешчатого порослевого (*Quercus robur L.*) – с. 635–636, березы пушистой (*Betula pubescens Ehrh.*) – с. 500 и сомкнутые древостои липы сердцевидной (*Tilia cordata Mill.*) – с. 692, произраставших в насаждениях II бонитета в центральных районах европейской России, составленные В.А. Усольцевым [2]. Возрастные диапазоны для дуба, березы и липы находились в пределах от 10 до 120, 100 и 150 лет соответственно. Массы средних модельных деревьев были получены через каждые 5 лет из сотен и тысяч экземпляров. Таксационные данные по массам корней, листьев, древесины стволов и сучьев были пересчитаны на одно растение по возрастам и использованы для определения физиоло-

гических показателей. Продолжительность вегетационного периода у трех пород составила 140 дней (безморозный период) [4]. Весовым методом было установлено, что на 1 г сухой массы листьев дуба приходится 120, у березы – 140, а у липы – 170 см² площади. С растений дуба, березы и липы, произрастающих в разновозрастных насаждениях, были взяты пробы листьев, ветвей, древесины с корой и корней, сгруппированы по органам, высушены, и в них проведено определение содержания *N*, *P*, *K*, *Ca* и *Mg* общепринятыми агрохимическими методами. Чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) находили в среднем за каждый пятилетний период

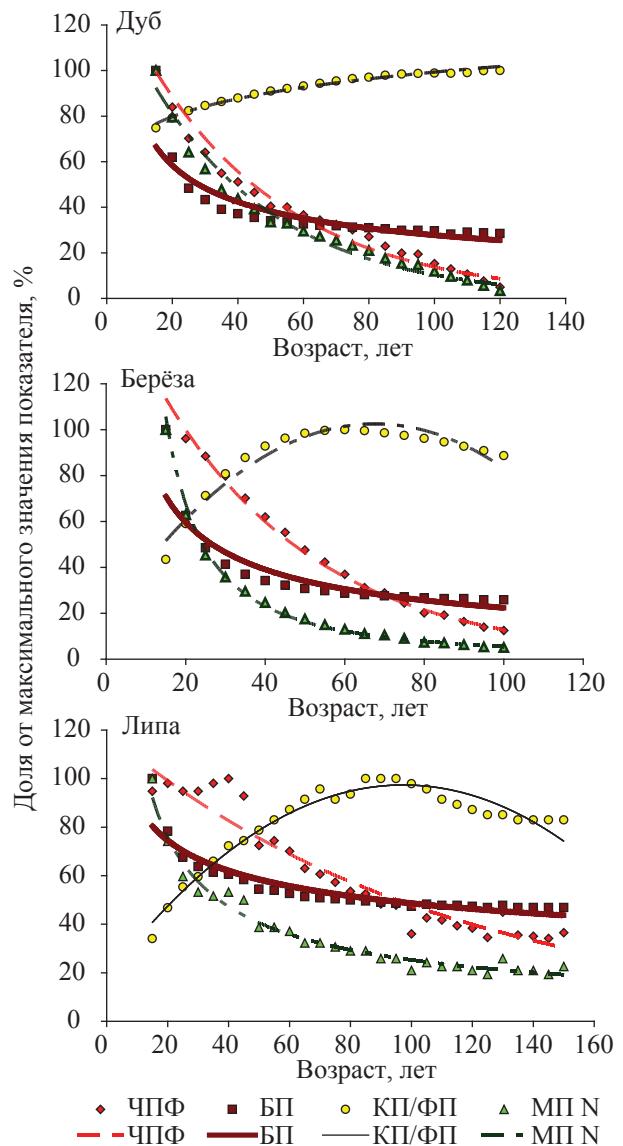


Рис. 3. Характер связей основных физиологических показателей пород в онтогенезе

– по А.А. Ничипоровичу [5], депонирование углерода единицей площади листьев – по К.С. Бобковой и В.В. Тужилкиной [6], а растениями на 1 га – умножением величины углерода, накопленного 1 м² листьев за вегетацию, на усредненную поверхность листьев, приходящуюся на 1 га фитоценоза в каждом сравниваемом возрастном периоде. Для определения величины активной поверхности корней целого растения были использованы данные, полученные нами в модельных опытах с одно- и двулетними растениями, выращенными на дерново-подзолистых и серых лесных почвах. Детальный анализ активной части корневой системы и минеральной продуктивности корней (МП) проведен по В.М. Лебедеву и Е.В. Лебедеву [1, 7]. В силу высокого постоянства фитометрических характеристик активных корней в пределах растения (диаметра, длины активного корня, величины удельной активной поверхности корневой системы (УАПКС) и длины корней, приходящейся на единицу массы пряди диаметром 2–3 мм) для определения поверхности корней целого растения были использованы усредненные значения УАПКС и длины активных корней, приходящейся на единицу массы пряди [1]. Для расчетов применяли усредненные значения УАПКС равные: 2,3, 2,5 и 2,8 см² м⁻¹ для дуба, березы и липы соответственно, а значения длины активных корней, приходящихся на единицу массы пряди – 30 (для дуба и березы) и 35 м г⁻¹ (для липы), из чего следует, что на 1 г сухой массы пряди приходилось 69, 75 и 98 см² активной поверхности корней. Так как листовая аппарат и активная часть корневой системы являются двумя сторонами единого процесса питания растения, то между ними всегда существует тесная функциональная связь. Соотношение между корневым потенциалом (КП) и фотосинтетическим потенциалом (ФП) в наших опытах [1] в среднем для дуба, березы и липы было равно соответственно 0,41, 0,43 и 0,84. В функциональном отношении это означает, что 1 м² активной поверхности корней может обслужить соответственно 2,4, 2,3 и 1,2 м² площади листьев. Используя средние значения отношений поверхности активных кор-

ней к площади листьев пород, полученные в модельных опытах, можно рассчитать активную поверхность корневой системы при известной площади листьев. Следовательно, знание площади листьев усредненного модельного растения в каждом возрастном периоде позволяет вычислить размер активной поверхности корней целого растения и долю активной части (корневых мочек) в массе корневой системы. По нашим расчетам, корневые мочки составляют не более 3 % от массы всей корневой системы растения. И эта доля активных корней в массе корней среднего растения была использована в наших расчетах. Вычисленные размеры корневого потенциала (КП) в каждом возрастном периоде позволяют определить усредненную минеральную продуктивность растений. При этом исходили из того, что биомасса активной поглощающей части корневой системы в низкопроизводительных лесных фитоценозах мало отличается от высокопродуктивных [8]. Содержание минеральных элементов в единице биомассы модельного дерева в каждом возрастном периоде определено с учетом соотношения между органами. О накоплении минеральных элементов модельными растениями судили по разнице содержания их в биомассе всего растения между сравниваемыми возрастными периодами. Биологическую продуктивность (БП) находили по относительному увеличению массы растения в сравниваемых периодах. Полученные материалы подвергнуты корреляционному и регрессионному анализу на ПК с использованием пакета программ *MS Excel*.

Определение фотосинтетической активности листового аппарата показало, что с возрастом чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) у дуба, березы и липы снижалась соответственно в 20,2, 8,0, и 2,9 раза (рис. 1). До 20 лет максимальная ЧПФ была у дуба, а после 30 лет и до конца онтогенеза породы расположились в порядке: липа>дуб>береза. Связи ЧПФ пород с возрастом были описаны экспоненциальными уравнениями с высокой достоверностью аппроксимации. Корреляции между возрастом и ЧПФ были высокие

обратные (r был равен $-0,955$, $-0,976$, $-0,944$ у дуба, березы и липы соответственно).

Биологическая продуктивность (БП) растений дуба за время онтогенеза снизилась в 3,5, березы – в 3,9, а липы – в 2,1 раза. При этом до 50 лет наибольшая БП была отмечена у березы, а после 65 лет лидирующие позиции по темпам увеличения сухой массы растения занимает липа. Корреляция БП с возрастом у всех пород была отрицательной, однако высокие ее значения были отмечены у липы ($r = -0,758$), а у дуба и березы связь не характеризовалась высокими значениями (r варьировал от $-0,681$ до $-0,727$). У всех пород связь БП с возрастом аппроксимировалась с высокой достоверностью степенными функциями.

Депонирование углерода листьями дуба в расчете на 1 га снизилось за период онтогенеза в 12,9 у дуба, в 4,0 у березы и в 2,5 раза у липы. До 75 лет максимальные значения были у дуба, а позднее – у липы. Показатель березы был минимальным. У всех пород количество депонированного в расчете на 1 га углерода было связано с возрастом высокой обратной корреляцией (r был равен $-0,995$ у дуба, $-0,978$ у березы и $-0,924$ у липы). Регрессионный анализ позволил с высокой достоверностью аппроксимации построить логарифмическую (для дуба) и экспоненциальную (для березы и липы) кривые зависимости от возраста.

Минеральная продуктивность (МП) у всех пород снижалась с возрастом растений (рис. 2) по азоту (в 29,3 раза у дуба, в 19,8 у березы, в 5,2 раза у липы), фосфору (в 28,3 раза у дуба, в 17,3 у березы, в 5,0 раза у липы), калию (в 27,6 раза у дуба, в 17,4 у березы, в 5,1 раза у липы), кальцию (в 27,5 раза у дуба, в 18,1 у березы, в 5,0 раза у липы) и магнию (в 28,8 раза у дуба, в 17,1 у березы, в 5,1 раза у липы). Если в 15-летнем возрасте МП дуба была максимальной по всем элементам (в 1,1–1,7 и в 1,9–3,7 раза больше чем березы и липы соответственно), то к 115 годам (по азоту и фосфору), к 105 годам (по калию), 120 (по кальцию) и к 110 годам (по магнию) этот параметр становится выше у липы. Поглотительная активность березы в начале онтогене-

за принимала средние значения, но впоследствии упала ниже показателей липы (в 35 лет – по азоту и фосфору, в 20 лет по калию, в 75 лет по кальцию и в 30 лет – по магнию). Количественно элементы, поглощенные в расчете на единицу активной поверхности корней, можно расположить в порядке убывания у дуба и березы: $Ca > N > Mg > K > P$, а у липы: $Ca > K > N > Mg > P$. Связи между МП и возрастом во всех случаях была высокая обратная по азоту (r равнялся $-0,926$ у дуба, $-0,831$ у березы и $-0,847$ у липы), фосфору (r равнялся $-0,924$ у дуба, $-0,846$ у березы и $-0,854$ у липы), калию (r равнялся $-0,925$ у дуба, $-0,841$ у березы и $-0,851$ у липы), кальцию (r равнялся $-0,925$ у дуба, $-0,851$ у березы и $-0,861$ у липы) и магнию (r равнялся $-0,923$ у дуба, $-0,852$ у березы и $-0,854$ у липы). По всем породам и всем пяти элементам уравнения регрессии (экспоненциальные – по дубу и степенные – по березе и липе) имели высокую достоверность аппроксимации.

Для анализа характера взаимосвязи процессов роста, фотосинтеза и минерального питания деревьев в онтогенезе показатели БП, ЧПФ, МП и отношение корневого потенциала к фотосинтетическому (КП ФП⁻¹) были представлены в одном масштабе в виде доли от максимальных их значений, выраженных в процентах (рис. 3). Физиологические показатели сравнивались с усвоением корнями азота, являющегося ведущим элементом питания растений. С возрастом отношение КП ФП⁻¹ у дуба изменялось в 1,3, у березы – в 2,3, а у липы – в 2,9 раза. Отношение характеризует величину функциональной связи корневой системы с листовым аппаратом. Так, в начале вегетации, когда величина КП ФП⁻¹ была минимальной у трех пород, 1 м² активной поверхности корней дуба обслуживал 20,7, березы – 19,0, а липы – 6,3 м² площади листьев. Минимальная же функциональная связь корневой системы с листовым аппаратом была у дуба – в конце наблюдаемого периода онтогенеза (120 лет), – у березы – в 55–65 лет, а у липы – в 85–95 лет (единица активной поверхности корней обслуживала лишь 15,5, 8,3 и 2,1 единицы площади листьев соответственно).

Связь показателя с возрастом у дуба была высокой положительной ($r = 0,940$), а у березы и липы – принимала средние значения ($r = 0,638$ и $0,620$ соответственно), и тоже была положительной. Это подтверждается при построении уравнений регрессии. Так, у дуба уравнение зависимости КП ФП⁻¹ от возраста имеет степенной тип и аппроксимируется с высокой достоверностью. Показатель дуба постоянно рос с возрастом. У березы и липы отношение КП ФП⁻¹ нарастает соответственно до 60 и 90 лет, после чего показатель начинает снижаться (в 1,1 и 1,2 раза соответственно), а функциональная связь КП с ФП – расти. Для этих пород высокая достоверность аппроксимации при построении уравнений регрессии достигается при параболическом типе.

Изменения функциональной связи обеих поверхностей питания не могли не отразиться на возрастной динамике поглощения азота в расчете на единицу активной поверхности корней в сутки. Минеральная продуктивность (МП) дуба в течение онтогенеза снижалась в 29,3, березы – в 19,8, а липы – в 5,2 раза, что подтверждается общей тенденцией к уменьшению функциональной связи активных корней и листьев и наличием высокой обратной связи между отношением КП ФП⁻¹ и МП (r был равен $-0,990$ у дуба, $-0,939$ – у березы и $-0,889$ – у липы). Высокими отрицательными также были корреляции КП ФП⁻¹ с БП (r был равен $-0,897$ у дуба, $-0,986$ – у березы и $-0,981$ – у липы) и ЧПФ (r был равен $-0,996$ у дуба, $-0,889$ – у березы и $-0,874$ – у липы). Закономерности изменения физиологических показателей трех пород в онтогенезе в сравнении с поглощением азота и корреляции этих показателей остаются аналогичными при сравнении с поглощением P , K , Ca и Mg . Растения дуба, березы и липы, начиная с 40–50-летнего возраста, испытывали жесткую нехватку в минеральных элементах, что негативно отразилось на поглотительной деятельности, фотосинтетической активности и биологической продуктивности. При низкой обеспеченности почвы минеральными элементами растения не могли усилить поглотительную активность

корней и предпочли экстенсивный путь, изменив соотношение физиологически активных поверхностей (КП ФП⁻¹), что позволяло обеспечивать надземную часть дополнительными количествами элементов для поддержания основного процесса питания растений – фотосинтеза. Таким образом, в условиях дефицита минеральных элементов усиление ростовой реакции активных корней для освоения новых горизонтов почвы является неспецифической адаптивной реакцией растений. Это объясняется низкой концентрацией большинства элементов в почвенном растворе: 10^{-3} – 10^{-4} М, а фосфора – 10^{-5} – 10^{-6} М [9]. Растворимые в воде N , P и K при транспирации лишь частично покрывают потребность растений в них. Значительнейшая же часть P и K движется к корню за счет диффузии, что ограничивает скорость поглощения их корнями. [10]. Следовательно, поглощение растениями элементов питания зависит от концентрации почвенного раствора, скорости перемещения их около поверхности корня за счет диффузии и от размера активной поверхности корней. Наблюдаемое некоторое снижение КП ФП⁻¹ у березы и липы в конце онтогенеза можно объяснить увеличением с возрастом их листового индекса в 2,5 и 1,6 раза соответственно на фоне стабилизации к 55–60 годам корневого индекса – отношения активной поверхности корней к площади питания. Увеличивая листовую индекс, растения стремились компенсировать недостаток фотоассимилятов, вызванный падением ЧПФ. Отсутствие падения КП ФП⁻¹ у дуба можно объяснить большей продолжительностью жизни, поэтому данная реакция на изучаемом отрезке онтогенеза еще не наблюдалась. Реакция листового аппарата, аналогичная экстенсивной стратегии активной корневой системы, вполне естественна на уровне организма и может быть объяснена модулярным его строением у растений.

Растущая нехватка азота приводила к смещению равновесия между корневой системой и листовым аппаратом, падению МП, а, следовательно, к снижению ЧПФ и БП. Связь МП с ЧПФ (r был равен $0,996$ у дуба, $0,889$ – у березы и $0,874$ у липы) и БП (r был

равен 0,897 у дуба, 0,986 – у березы и 0,981 у липы) была высокой положительной. Однако из рис. 3 видно, что падение БП происходило медленнее, чем МП и ЧПФ. Это подтверждается невысокой корреляцией БП с возрастом и связано с функциональными и физиологическими изменениями в растении с целью поддерживать продуктивность в меняющихся условиях.

Выводы

Чистая продуктивность фотосинтеза у дуба, березы и липы снизилась с возрастом в 20,2, 8,0, и 2,9 раза соответственно, а минеральная продуктивность – снизилась по азоту (в 29,3 раза у дуба, в 19,8 у березы, в 5,2 раза у липы), фосфору (в 28,3 раза у дуба, в 17,3 у березы, в 5,0 раза у липы), калию (в 27,6 раза у дуба, в 17,4 у березы, в 5,1 раза у липы), кальцию (в 27,5 раза у дуба, в 18,1 у березы, в 5,0 раза у липы) и магнию (в 28,8 раза у дуба, в 17,1 у березы, в 5,1 раза у липы). Падение биологической продуктивности у дуба составило 3,5, у березы – 3,9, а у липы – 2,1 раза, а снижение количества углерода, депонированного в расчете на 1 га за период онтогенеза, было у дуба 12,9, у березы – 4,0 и у липы – 2,5 раза.

Основным фактором, лимитирующим рост дуба черешчатого, березы повислой и липы сердцевидной в условиях европейской России является низкое естественное плодородие почвы, что приводит к резкому падению биологической продуктивности к 40–45 годам с дальнейшей медленной депрессией роста.

Неспецифической адаптивной реакцией и морфофизиологическим ответом растения на ухудшение условий минерального питания является увеличение корневого потенциала относительно фотосинтетического, что повышает жизненно необходимый объем поглощаемых элементов для поддержания биологической продуктивности. Коррекция минерального питания путем внесения удобрений и предварительной биологической рекультивации на участках, отведенных для создания лесных культур, являются единственными практически реализуемыми спосо-

бами продления активного ростового периода растений в онтогенезе.

Методика преобразования таксационных данных в физиологические позволяет получать количественные данные фотосинтетической активности листового аппарата, минеральной и биологической продуктивности древесных пород на уровне организма в онтогенезе, что может быть теоретической основой для программирования продукционного процесса.

Библиографический список

1. Лебедев, В.М. Морфологические, функциональные и физиологические особенности активной части корневой системы лесообразующих пород Волго-Вятского региона / В.М. Лебедев, Е.В. Лебедев // *Агрохимия*. – 2011. – № 4. – С. 38–44.
2. Усольцев, В.А. Фитомасса лесов северной Евразии: нормативы и элементы географии / В.А. Усольцев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 763 с.
3. Лебедев, Е.В. Возможности повышения биологической продуктивности лесообразующих пород в условиях экологического потенциала Нижегородской области: дисс... канд. биол. наук / Е.В. Лебедев. – Н.Новгород, 2003. – 193 с.
4. Курнаев, С.Ф. Лесорастительное районирование СССР / С.Ф. Курнаев – М.: Наука, 1973. – 203 с.
5. 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.
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: МГСХА, 1998. – Т. 2. – С. 39–42.
8. Романовский, М.Г. Растительный покров и сезонные колебания концентрации CO₂ в атмосфере / М.Г. Романовский // *Вестник МГУЛ–Лесной вестник*. – 2009. – № 1. – С. 31–33.
9. Cox, J.V. Agricultural ecology: an analysis of world food production systems. / J.V. Cox, M.D., Atkins – San – Francisco. 1979. 721 p.
10. Nye, P.H. Solute movement in the soil – root system / P.H. Nye, P.B. Tinker // *Berkeley, Calif. Univ. California press*. 1977. 342 p.

РЕАКЦИИ ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫХ ЗЕЛЕННЫХ МХОВ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ БАССЕЙНА СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ

С.Н. ТАРХАНОВ, *ст. науч. сотрудник Ин-та экол. проблем Севера УрО РАН, канд. с.-х. наук,*
С.Ю. БИРЮКОВ, *ст. науч. сотрудник Ин-та экол. проблем Севера УрО РАН, канд. биол. наук*

tarkse@yandex.ru, syubir65@yandex.ru

Использование мхов для оценки аэротехногенного загрязнения лесных экосистем России отражено в материалах XI Международного симпозиума по биоиндикаторам (Институт биологии Коми НЦ, 2001). Проведен анализ зависимостей типа «доза–эффект» для мохового яруса в районе влияния выбросов медеплавильных заводов Среднего Урала [1]. Поскольку виды *Hylocomium splendens* и *Pleurozium schreberi* широко распространены в напочвенном покрове северной и средней подзон тайги, особенно в зеленомошной группе лесов, приспособлены к существованию в олиготрофных и мезотрофных условиях, можно получать сравнительные оценки их состояния на обширных территориях и различных ландшафтах.

Изучение напочвенного мохового покрова проводили в 1996–1997 и 1999–2001 гг. по выработанной в процессе геоботанических исследований совместно с кафедрой ботаники и общей экологии Поморского ГУ методике [2, 3] в ельниках и сосняках черничного типа зеленомошной группы северной тайги бассейна Северной Двины. В качестве индикаторных видов были использованы зеленые листостебельные мхи *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. и *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp. На пробных площадях в сходных условиях произрастания на расстоянии от 5 до 120 км от источников эмиссий Архангельской агломерации закладывали конвертным способом учетные площадки (1×1 м) по 20 штук на каждой пробной площади, на которых определяли общее проективное покрытие (ОПП) мхами, измеряли высоту у 10 взрослых растений. На учетных площадках отбирали образцы мхов (раздельно по обоим видам) в вегетационный период для определения содержания в них тяжелых металлов и серы (смешанный образец не менее 200 г). На этих образцах в

лабораторных условиях измеряли в воздушно-сухом состоянии прошлогодний (на время наблюдений) годичный прирост стебля у 20 экземпляров с погрешностью ±1 мм. Общее содержание серы в образцах определяли турбидиметрическим методом [4]. Определение валового содержания тяжелых металлов проводили в соответствии с общепринятыми методиками [5, 6]. Содержание *Cd*, *Pb*, *Zn*, *Cu* определяли методом распыления с атомизацией раствора в пламени на спектрофотометре «Спектр-5». Загрязнение приземных слоев атмосферного воздуха серосодержащими соединениями (*SO₂*, *H₂S*) определяли согласно методике [7] с использованием унифицированных программ («Гарант-1», «Эколог», согласованных с Главной геофизической обсерваторией им. А.И. Воейкова).

Для определения биохимических показателей зеленых мхов отбирали смешанные образцы массой (в свежем состоянии) не менее 200 г, с тех же учетных площадок, на которых проводили определение их покрытия и морфометрических показателей. Для определения содержания фотосинтетических пигментов (хлорофилла и каротиноидов) на пробной площади брали по 10 навесок каждого вида мха по 100–150 мг и растирали в ступке с 5 мл 96 % этилового спирта и небольшого (на кончике скальпеля) количества мела или углекислого магния. Содержимое ступки переносили на стеклянный фильтр и извлекали пигменты до полного обесцвечивания фильтрата. Оптическую плотность раствора измеряли на спектрофотометре СФ–46 и на фотоколориметре КФК–3 при длинах волн 665, 649, 440,5 нм. Концентрацию пигментов в данной вытяжке рассчитывали по формулам [8, 9]. Уровень рН гомогената мхов на пробной площади определяли после растирания навески (10 шт.) с дистиллированной

Результаты ОДА зависимости годичного (1998 г.) прироста листостебельных мхов *Hyl. splendens* от расчетных концентраций серосодержащих соединений

Химическое соединение	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>F</i> _{0,05}	$\eta^2 \pm s_{\eta^2}$
<i>SO</i> ₂	4;275	27,92	2,4	0,29±0,01
<i>H</i> ₂ <i>S</i>	4;315	22,92	2,4	0,22±0,01

Примечание: *df* – число степеней свободы; *F* – критерий Фишера, *F*_{0,05} – значение критерия Фишера на 5 %-ном уровне значимости, $\eta^2 \pm s_{\eta^2}$ – показатель силы влияния фактора с ошибкой

водой. Навеску мха (800 мг) размалывали и растирали с 8 мл дистиллированной воды. Определение рН производили сразу же после растирания (точность измерения – до 0,01 ед. рН). Время гомогенизации и снятия отсчетов значений рН было одинаково для всех образцов. Для рН-метрии использовались комбинированный портативный измеритель рН-150 и рН-метр лабораторный «*Delta-320*» (фирма *Mettler*, Швейцария).

В северной подзоне тайги прослеживается тенденция к снижению ОПП зеленых мхов с приближением к отдельным источникам выбросов и промзонам [3]. Следует согласиться с И.Л. Гольдберг [10], что прослеживаются процессы изменения мохового покрова в градиентах загрязнения, а это, в свою очередь, открывает перспективы использования мохообразных в фитомониторинге.

Изучение структуры ценопопуляций листостебельных мхов *Pl. schreberi* и *Hyl. splendens* в северотаежной подзоне по показателям роста, как в условиях атмосферного загрязнения, так и в фоновых условиях, в подавляющем большинстве случаев выявило довольно низкий уровень индивидуальной изменчивости (в пределах отдельных выборок) высоты и годичного прироста стебля. Лимиты годичного прироста в разные годы (1995–2000 гг.) и в различных лесорастительных условиях у *Pl. schreberi* составляют от 10 до 30 мм, у *Hyl. splendens* – от 12 до 27 мм [3]. Поскольку бриофиты относятся к индикаторам, поглощающим химические вещества, их развитие и рост зависят от поверхностной абсорбции питательных веществ, концентрации частиц и растворенных химических веществ из сухого и мокрого выпадения [11]. Экспериментально доказано, что впитывание ими почвенных растворов

затруднено, а на глубине более 5 см – невозможно. Имеются сведения [12, 13], что высокие концентрации химических элементов в поглощающем растворе оказывают угнетающее действие на апикальные меристемы стеблей бриофитов и снижают годовой прирост. По нашим данным, содержание сульфат-ионов и тяжелых металлов (*Hg*, *Cd*, *Pb*, *Zn*, *Cu*) в органогенных горизонтах (0–5 см) почвы не оказывают значительного воздействия на годичный прирост обоих тест-видов, о чем свидетельствует отсутствие достоверных линейных связей ($t < t_{0,05}$). Установлены обратные связи годичного прироста стебля рассматриваемых видов напочвенных мхов за 1995, 1996, 1998 гг. с концентрацией *SO*₄²⁻ в снеге (коэффициент корреляции достигает величины –0,51), а в 1996 г. – и свинца в воздухе ($r = -0,37 \dots -0,41$), достоверные при критических значениях *t*-критерия. Результаты однофакторного дисперсионного анализа (ОДА) свидетельствуют о возможности использования этого признака для индикации загрязнения атмосферного воздуха серосодержащими соединениями (табл. 1).

Значимое по критерию *F* влияниеостояния от местных «высоких» источников выбросов (ТЭЦ, ЦБК) на годичный прирост стебля в длину у *Pl. schreberi* в период 1999 – 2000 гг. не установлено (ОДА; *F* = 0,232; *F*_{0,05} = 3, 87).

В сосновых и еловых насаждениях зеленомошной группы реакции мха *Pl. schreberi* на накопление в его тканях тяжелых металлов и серы в различные по погодным условиям 1999 и 2000 гг. проявляются по-разному. В 1999 г. очень слабое влияние на рост стебля мха *Pl. schreberi* доказано при критических значениях *F* по накоплению в его тканях свинца, цинка, меди и серы ($\eta^2 \leq 0,11$). В 2000

Результаты ОДА зависимости высоты листостебельных мхов от содержания тяжелых металлов и серы

Химический элемент	F	$F_{0,05}$	$\eta \pm s_{\eta}^2$
<i>Pl. schreberi</i>			
<i>S</i>	5,15	2,67	0,096±0,020
<i>Cu</i>	4,32	3,06	0,056±0,014
<i>Hyl. Splendens</i>			
<i>S</i>	11, 14	2,67	0,197±0,021
<i>Cd</i>	12,85	3,91	0,085±0,007
<i>Zn</i>	19,05	3,06	0,218±0,014
<i>Cu</i>	7,15	3,06	0,094±0,014

Примечание. В табл. 2 и 3: F , $F_{0,05}$ – фактическое и критическое значения критерия Фишера, соответственно; $\eta \pm s_{\eta}^2$ – показатель силы влияния фактора с ошибкой

Результаты ОДА зависимости высоты листостебельных мхов от расстояния до ближайшего «высокого» источника выбросов

Вид	F	$F_{0,05}$	$\eta \pm s_{\eta}^2$
<i>Hyl. splendens</i>	10,49	3,89	0,050±0,005
<i>Pl. schreberi</i>	18,90	3,89	0,087±0,005

рН гомогената листостебельных мхов (III декада июня–I декада июля 2002 г.) ($n = 10$)

ПП	Расстояние до ближайшего «высокого» источника выбросов, км	$x \pm s_x$	s	С.В., %	P , %
<i>Hyl. Splendens</i>					
Т78	5	4,61±0,02	0,06	1,34	0,43
Т79	8	5,07±0,02	0,06	1,12	0,36
Т81	8	4,49±0,01	0,02	0,48	0,15
Т94	9	4,73±0,01	0,04	0,86	0,27
Т86	11,5	4,73±0,00	0,02	0,33	0,11
Т77	17	4,71±0,01	0,02	0,35	0,11
Т92	70	4,46±0,01	0,02	0,43	0,14
Т87	90	4,67±0,01	0,02	0,49	0,15
<i>Pl. schreberi</i>					
Т78	5	4,67±0,02	0,05	1,18	0,37
Т79	8	4,62±0,02	0,06	1,31	0,41
Т81	8	4,73±0,01	0,05	0,97	0,31
Т94	9	4,52±0,03	0,08	1,86	0,59
Т86	11,5	4,44±0,01	0,02	0,43	0,13
Т77	17	4,70±0,01	0,02	0,40	0,13
Т92	70	4,30±0,01	0,03	0,66	0,21
Т87	90	4,63±0,04	0,12	2,66	0,84
Г4*	120	4,67±0,06	0,12	2,70	1,20
Г5*	120	4,49±0,02	0,04	1,00	0,40

Примечание: x – среднее значение, s_x – ошибка среднего значения, s – стандартное отклонение, С.В. – коэффициент вариации, P – точность опыта, * – отбор образцов в I декаде июня 2003 г., n – число определений (образцов) на пробной площади, Г4, Г5 – $n = 5$

Концентрация пластидных пигментов (мг г⁻¹ сыр. массы) в тканях зеленых мхов северной подзоны тайги (III декада июня – I декада июля 2002 г.) (n = 10)

ПП	Расстояние до ближайшего «высокого» источника выбросов, км	Хлорофиллы		Каротиноиды		Сумма хлорофиллов и каротиноидов	
		$\bar{x} \pm s_x$	С.В., %	$\bar{x} \pm s_x$	С.В., %	$\bar{x} \pm s_x$	С.В., %
<i>Hyl. Splendens</i>							
T78	5	0,288±0,009	10,0	0,028±0,002	19,3	0,315±0,008	8,0
T79	8	0,308±0,006	5,7	0,035±0,002	14,9	0,343±0,005	4,6
T81	8	0,227±0,007	9,8	0,024±0,002	20,7	0,251±0,006	7,7
T94	9	0,253±0,011	14,2	0,030±0,003	28,7	0,283±0,009	9,9
T86	11,5	0,180±0,005	8,3	0,025±0,001	16,0	0,205±0,004	6,1
T77	17	0,159±0,006	12,4	0,033±0,001	9,2	0,192±0,006	9,3
T101	17	0,227±0,016	22,9	0,054±0,004	23,7	0,281±0,014	15,7
T99	45	0,340±0,008	7,2	0,072±0,002	9,4	0,413±0,008	6,1
T92	70	0,165±0,005	10,0	0,011±0,001	30,2	0,176±0,004	7,9
T87	90	0,178±0,006	10,5	0,031±0,001	11,9	0,210±0,005	7,6
<i>Pl. schreberi</i>							
T79	8	0,276±0,008	9,6	0,032±0,001	11,3	0,308±0,008	8,1
T81	8	0,073±0,002	10,2	0,029±0,001	9,3	0,102±0,002	7,6
T94	9	0,150±0,004	7,6	0,019±0,001	10,7	0,169±0,003	5,8
T86	11,5	0,118±0,006	16,4	0,025±0,001	17,3	0,143±0,005	10,9
T100	16,5	0,349±0,007	6,0	0,072±0,003	12,2	0,421±0,006	4,2
T77	17	0,156±0,007	14,3	0,021±0,002	23,5	0,177±0,006	11,2
T101	17	0,246±0,011	13,8	0,043±0,003	18,5	0,289±0,009	9,4
T99	45	0,324±0,012	11,3	0,061±0,002	10,5	0,386±0,010	8,4
T92	70	0,128±0,006	14,3	0,024±0,001	9,9	0,153±0,005	10,8
T87	90	0,239±0,010	13,5	0,024±0,002	21,2	0,264±0,009	10,7

Примечание. \bar{x} – среднее значение, s_x – ошибка среднего значения, С.В. – коэффициент вариации, n – число определений (образцов) на пробной площади

г. выявлено достоверное влияние на рост этого бриофита лишь содержания *Cd* и *Zn*. Для бриофита *Hyl. splendens* экотоксикологические реакции более определены. Так, значимое влияние (ОДА, $F > F_{0,05}$) на прирост стебля установлено как в 2000 г., так и в 1999 г. при накоплении в тканях *Zn* и *S*. Таким образом, все это подтверждает сделанные нами ранее выводы о значительном влиянии на годичный прирост зеленых листостебельных мхов лесорастительных условий, биологических особенностей вида и индивидуальных особенностей их развития.

В отношении высоты этих видов мхов (по данным 1999–2001 гг.) реакция на накопление *Cd*, *Zn*, *Pb* – отрицательная, а на накопление *S* – положительная [5]. Доля влияния содержания в тканях бриофитов серы и тяжелых металлов на высоту стебля, хотя и сла-

бая, но более значительна, по сравнению с годичным приростом, особенно у *Hyl. splendens* (табл. 2). В ряду других факторов большая доля влияния на высоту *Hyl. splendens* принадлежит цинку и сере. Влияние кадмия и меди менее значимо.

Можно отметить значимое влияние ($F \gg F_{0,05}$) на уровне тенденций на высоту индикаторных видов листостебельных мхов расстояния до источника выбросов (табл. 3).

Согласно нашим данным, уровень рН мхов, по-видимому, во многом определяется естественными условиями произрастания в пределах норм реакций, характерных для их видов.

Наблюдается некоторая тенденция к снижению высоты *Hyl. splendens* и *Pl. schreberi* при повышении уровня рН гомо-

гената. Для сравнения [5], кислотность таллома более чувствительного к загрязнению атмосферы вида – эпифитного лишайника – *Hypogymnia. Physodes (L.) Nul.*, достоверно ($P < 0,05$ и $P < 0,01$) выше, по сравнению с напочвенными видами зеленых мхов, обитающих в тех же условиях (хвойных насаждениях черничного типа). Какой-либо зависимости рН обеих видов мхов от расстояния до источника выбросов не наблюдается (табл. 4).

При хроническом воздействии относительно низких доз поллютантов отмечаются положительные реакции и перестройки пигментного комплекса хлоропластов, отмечены факты дополнительного синтеза пигментов [9]. Тесной зависимости концентрации пигментов хлоропластов в тканях *Pl. schreberi* от расстояния до источника аэротехногенного загрязнения не наблюдается (табл. 5), хотя влияние этого фактора значимо проявляется при критических значениях F в содержании хлорофиллов и суммы пигментов (ОДА; $p < 0,001$). В отличие от *Pl. schreberi*, у другого вида – *Hyl. splendens* наблюдается тенденция к повышению концентрации хлорофиллов и суммы зеленых и желтых пигментов в загрязненных районах по сравнению с фоновыми условиями (на расстоянии 70–90 км от источников выбросов) (ОДА: $F \gg F_{0,05}$, $p < 0,001$). Следовательно, при существующем уровне атмосферного загрязнения имеет место стимулирующее влияние на накопление пигментов в хлоропластах, проявляется так называемый «эффект малых доз». Как и в отношении показателей роста, подтверждается влияние атмосферного загрязнения на накопление пигментов у *Hyl. splendens*, что представляет широкие возможности для использования этого бриофита для биоиндикации.

Заключение. Реакции зеленых мхов – *Hyl. splendens* и *Pl. schreberi* на загрязнение приземных слоев атмосферного воздуха серосодержащими соединениями и аэрозолями тяжелых металлов, аккумуляцию серы и микроэлементов в их тканях, отличаются. *Hyl. splendens* более чувствителен к воздействию промышленных эмиссий, а поэтому более предпочтителен в качестве тест-вида для биоиндикации загрязнений.

Библиографический список

1. Воробейчик, Е.Л. Реакция лесных фитоценозов на техногенное загрязнение: зависимость «доза–эффект» / Е.Л. Воробейчик, Е.В. Хантемирова // Экология. – 1994. – № 3. – С. 131–143.
2. Наквасина, Е.Н. Использование зеленых мхов в качестве биоиндикаторов атмосферного загрязнения / Е.Н. Наквасина, Е.Ю. Чуракова // Экология-98. Тез. докл. Междунар. конф. молодых ученых и специалистов. – Архангельск: ИЭПС, 1998. – С. 117–118.
3. Тарханов, С.Н. Лесные экосистемы бассейна Северной Двины в условиях атмосферного загрязнения. Диагностика состояния / С.Н. Тарханов, Н.А. Прожерина, В.Н. Коновалов. – Екатеринбург: УрО РАН, 2004. – 333 с.
4. Методические указания по турбидиметрическому определению серы в растениях. – М.: ЦНИИ агрохимического обслуживания сельского хозяйства ЦИНАО, 1986. – 9 с.
5. Методические рекомендации по спектральному определению тяжелых металлов в биологических материалах и объектах окружающей среды. – М.: Госкомгидромет СССР, 1986. – 51 с.
6. Методические указания по определению тяжелых металлов в кормах и растениях и их подвижных соединений в почвах. – М.: ЦНИИ агрохимического обслуживания сельского хозяйства (ЦИНАО), 1993. – 40 с.
7. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД–86. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 93 с.
8. Шлык, А.А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев / А.А. Шлык // Биологические методы в физиологии растений. – М., 1971. – С. 154–170.
9. Практикум по физиологии растений / Н.Н. Третьяков, Т.В. Карнаухов, Л.А. Паничкин и др. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.
10. Гольдберг, И.Л. Изменение мохового покрова южнотаежных темнохвойных лесов в условиях техногенного загрязнения / И.Л. Гольдберг // Экология. – 1997. – № 6. – С. 468–470.
11. Steinnes, Eiliv. Arctical evaluation of the use of natural growing moss to monitor the deposition of atmospheric metals / Eiliv Steinnes // Int. Symp., Ecol. Eff. Arct. Airborne Contam, Rekjajvik, 4–8 Oct., 1993. Sci. Total Environ. – 1995. – № 1–3. – P. 243–249.
12. Малышева, Т.В. Реакция лесных напочвенных мхов на удобрения / Т.В. Малышева // Экология. – 1981. – № 6. – С. 47–49.
13. Тархова, Т.Н. О влиянии почвенных факторов на развитие мхов / Т.Н. Тархова // Экология. – 1970. – № 4. – С. 28.

ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ДРЕВОСТОЕВ СТАРОВОЗРАСТНЫХ СОСНЯКОВ В ВЕРХОВЬЯХ ПЕЧОРЫ

И.Н. КУТЯВИН, *асп. Института биологии РАН*

kutjavin-ivan@rambler.ru

Знания возрастной структуры древостоев коренных лесов таежной зоны необходимы для оценки закономерностей формирования фитоценозов, процессов смены поколений и динамики их таксационных признаков. Изучению возрастной структуры сосняков различных регионов России посвящены работы [3, 7–10, 14, 23 и др.].

На основе коэффициента изменчивости возраста и варьирования диаметра деревьев П.М. Верхунов [3] дал описание четырех типов возрастного строения древостоев сосны в условиях Сибири: одновозрастные сосняки с быстрым завершением периода формирования поколений леса; условно одновозрастные, характеризующиеся растянутым формированием поколений; условно разновозрастные, в которых период формирования поколений значителен по времени; разновозрастные, состоящие из нескольких четко выраженных или не выраженных поколений сосны. При этом, в первых трех типах возрастного строения сосна представлена одним поколением леса, но с различным периодом формирования. Согласно [7], относительно разновозрастные и условно одновозрастные сосняки Карелии, хотя и различаются по возрастной структуре, но сохраняют сходные закономерности строения древостоя – элемента леса. Разновозрастные же сосняки представлены, как правило, двумя поколениями, каждое из которых надо рассматривать как древостой элемента леса.

К настоящему времени на европейском северо-востоке России коренные сосновые насаждения сохранились в основном на заповедных территориях. На территории Печоро-Илычского государственного биосферного заповедника и его буферной зоны сосредоточено около 40 тыс. га сосняков, большая часть которых расположена в юго-западной части резервата и в небольшом сосновом участке заповедника. В рассматриваемом регионе структура древостоев коренных на-

саждений, главным образом темнохвойных, освещена в работе [13]. Длительные стационарные наблюдения за динамикой формирования сосновых насаждений и изменениями экологических факторов среды в условиях, исключающих антропогенное воздействие (заповедный режим), не проводились.

Цель данной работы – закладка объектов мониторинга и оценка возрастной структуры древостоев коренных сосняков различных типов на территории бассейна верховьев Печоры.

Исследования проводились в коренных сосняках предгорной и равнинной частях Печоро-Илычского биосферного государственного заповедника и его буферной зоны, расположенных в бассейне верхнего течения р. Печора (61°39 с.ш., 58°12 в.д.) и ее притока р. Уньи (61°32 с.ш., 58°12 в.д.). Согласно [16], район исследований относится к Камско-Печорско-Западноуральской подпровинции (Евразийская таежная хвойно-лесная область – Евросибирская темнохвойно-таежная подобласть – Урало-Западносибирская провинция), по [24] к Печоро-Уральской подпровинции, которая делится на два округа Печорский сосновый и Илычский елово-пихтовый. Работы выполнялись в 2008–2011 гг. В различных типах сосняков было заложено одиннадцать постоянных пробных площадей (ППП) размером 0,25–0,5 га. На ППП проведен сплошной пересчет деревьев по двух или четырехсантиметровым ступеням толщины с учетом возрастных поколений (элементы леса). Возраст деревьев на ППП определяли при помощи кернов – 30–110 у сосны и 10–15 у сопутствующих древесных растений и по 3–5 модельным деревьям, взятым в исследуемых сосняках для анализа хода роста деревьев. Материал обработан с использованием нормативов [11, 21]. Анализ математической статистики проводили согласно [5]. Оценка возрастной структуры давалась по [8, 9].

Лесоводственно-таксационная характеристика сосняков

Тип леса (ППП)	Ярус	Состав	Элемент леса	Возраст, лет	Густота, экз. га ⁻¹	Абсолютная полнота, м ² га ⁻¹	Запас древесины, м ³ га ⁻¹	Средние		Класс бонитета
								диаметр, см	высота, м	
Брусничный (1)	I	10С	С	160–340	170	21,1	28.7	40	20.8	IV
Лишайниково-зеленомошный каменистый (2)	I	6С2Ос2К	С	60–240	104	7,9	69.9	31	17.7	V
			Ос	Не опр.	76	2,8	20.7	22	15.2	
	II	6Б4Е	К	100–160	36	2,1	17.9	26	17.7	
			Б	40–80	88	1,9	10.9	16	10.3	
Лишайниковый каменистый (3)	I	6С4К	Е	80–120	48	1,2	8.2	18	12.9	V
			С	80–380	88	5,4	41.4	28	11.8	
	II	5Б3Е 2Ос	К	80–120	64	3,1	24.1	25	12.6	
			Б	Не опр.	192	3,5	12.7	15	6.4	
Чернично-зеленомошный свежий (4)	II	5Е3С 2Б	Е	60–100	92	1,1	9.5	16	7.8	III
			Ос	Не опр.	48	1,6	4.7	20	5.5	
			С	330–400	120	24,6	20.10	50	23.4	
Бруснично-лишайниковый (5)	I	10С	С	80–160	85	2,4	21.1	18	17.5	V
			Е	120–130	198	4,5	40.2	17	17.2	
			Б	Не опр.	53	1,4	12.1	18	16.4	
Багульниковый (6)	I	9С1Б ед. Е	С	180–220	383	24,5	202.6	28	16.2	V
			Б	160–200	458	18,1	136.4	22	14.1	
			К	50–60	3	0,03	0.2	12	9.1	
Бруснично-лишайниковый (9А)	I	10С	С	70–320	908	21,6	177.1	18	13.9	V
			С	60–370	548	12,9	83.4	11	16	
			Е	90–280	302	3	31.2	9	11	
			Б	Не опр.	74	0,6	1.6	6	10	
Чернично-сфагновый (8)	I	7С3Е ед. Б, К	К	60–100	28	0,1	1.2	7	7	V
			С	60–210	594	14,2	85.6	12	16	
			Е	70–80	263	2,4	12.6	9	10	
			Б	Не опр.	137	1,5	6.7	9	11	
Чернично-сфагновый (9)	I	8С1Е 1Б+К	К	60–200	26	0,6	4.4	14	15	Va
			С	60–210	594	14,2	85.6	12	16	
			Е	70–80	263	2,4	12.6	9	10	
			Б	Не опр.	137	1,5	6.7	9	11	
Чернично-зеленомошный свежий (10)	II	7Е3С ед.Б	С	101–320	473	24,7	262.2	22	25	IV
			С	101–160	80	1,1	7.3	13	12.8	
			Е	70–110	160	2,6	15.7	10	14	
Лишайниковый (11)	I	10С ед.Б	Б	Не опр.	10	0,2	0.8	7	12	Va
			С	40–220	408	22,4	162.9	14	26	

Исследуемые сосняки (табл. 1) представлены как чистыми, так и смешанными по составу древостоями. В древесном ярусе при доминировании *Pinus sylvestris* Liney, присутствуют *Pinus sibirica* Ledeb., *Picea obovata* Ledeb., *Betula pubescens* Ehrh., *B. pendula* Roth., редко – *Populus tremula* L. Древостои III–Va классов бонитета, полнотой 0,5–0,9, с запасом стволовой древесины от 92 до 367 м³ га⁻¹. Максимальный возраст сосны в рассматриваемом регионе достигает 400 лет.

Г.Е. Комин, И.В. Семечкин [9] в зависимости от пространственного размещения деревьев разного возраста и структуры популяций хвойных выделяют шесть типов возрастной структуры: абсолютно одновозрастные, одновозрастные, условно разновозрастные, ступенчато разновозрастные, циклично разновозрастные и абсолютно разновозрастные. В одновозрастных древостоях возраст деревьев не выходит за пределы принятой для данной древесной породы хозяйственного класса, в разновозрастных – вы-

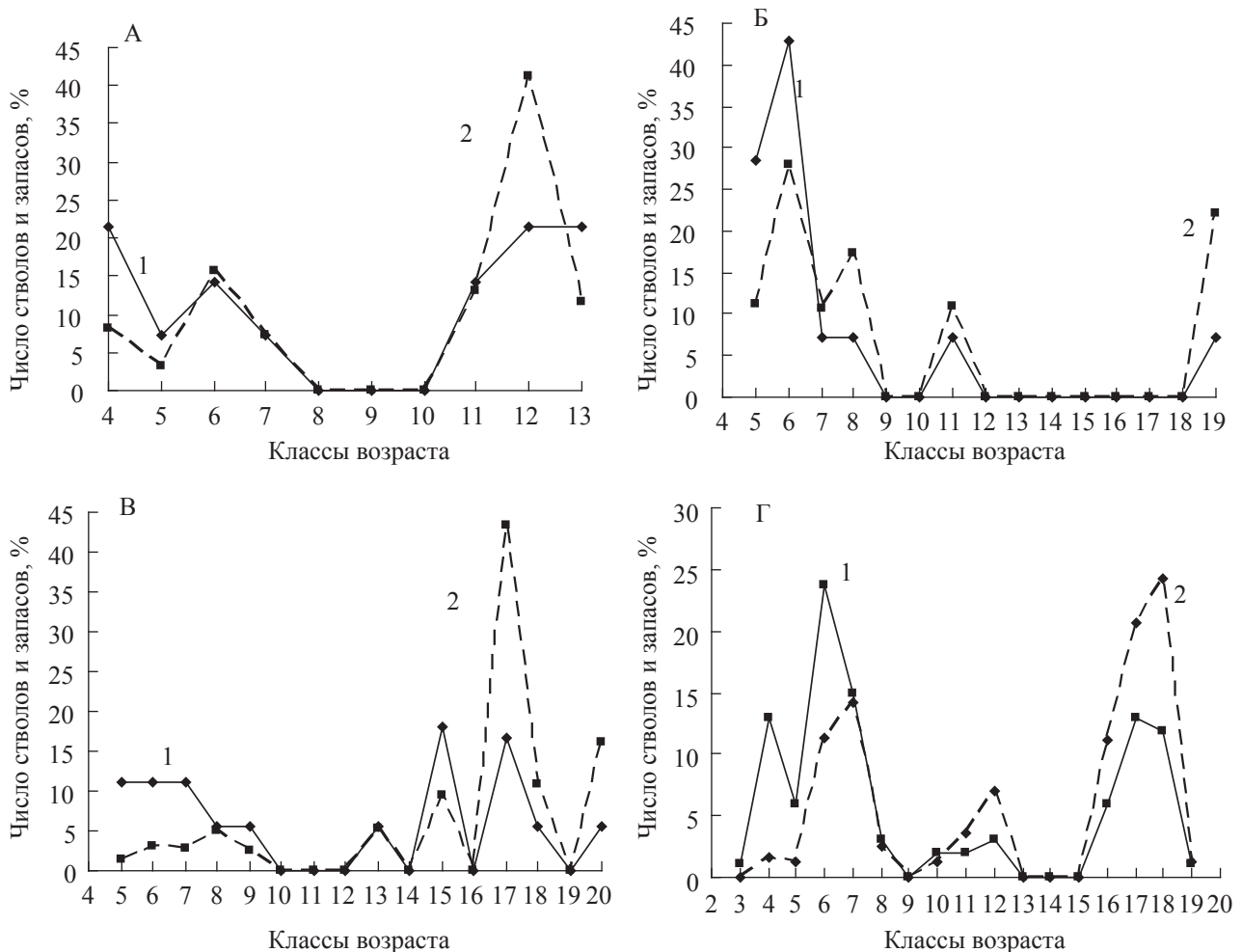


Рис. 1. Распределение деревьев сосны и их запасов стволовой древесины по классам возраста в ступенчато разновозрастных древостоях сосняков: А – лишайниково-зеленомошный каменистый (ППП 2); Б – лишайниковый каменистый (ППП 3); В – чернично-зеленомошный (ППП 4); Г – бруснично-лишайниковый (ППП 9А): 1 – число деревьев; 2 – запас стволовой древесины

ходит за размеры класса возраста. При этом разновозрастные древостои формируют простые, образованные одним поколением, и сложные, образованные несколькими поколениями леса.

На рис. 1 приведены кривые распределения деревьев и запасов стволовой древесины в ступенчато разновозрастных древостоях сосняков. Согласно приведенным данным рисунка в исследуемых сообществах, можно выделить несколько поколений сосны. По [8, 9], рассматриваемые древостои характеризуются как ступенчато разновозрастные. Причиной образовавшихся разрывов в распределении деревьев сосны и их запасов по классам возраста являются низовые пожары различной интенсивности. Согласно [2, 12, 14], при пожарах уничтожается подрост ели, березы и сосны, происходит частичное изреживание

верхнего полога с параллельной минерализацией почвы, при этом создаются условия для возникновения нового поколения сосны. Так, в сосняках каменистых (ППП 2, 3), располагающихся в непосредственной близости друг от друга, по пожарным подсушинам было выявлено два пожара, которые способствовали образованию 2–3 поколений сосны. В сосняке лишайниковом каменистом (ППП 3) благодаря первому сохранившемуся поколению сосны (340–380 лет) после пожара сформировалось второе (около 220 лет) и образовалось первое поколение (200–260 лет) в сосняке лишайниково-зеленомошном каменистом (ППП 2). Второй пожар образовал разрыв в распределении деревьев между 7 и 9 классами возраста, после чего произошло формирование новых поколений. При этом возраст деревьев сопутс-

твующих в составе древостоев пород – ели, кедра, березы – на 20–50 лет меньше, чем у сосны, что характеризует достаточно интенсивное возобновление сосны после пожаров [18]. Сосняки чернично-зеленомошный (ППП 4) и

бруснично-лишайниковый (ППП 9А) также неоднократно подвергались низовым пожарам, которые приводили к образованию разрывов в распределении деревьев по классам возраста и формированию нескольких поколений сосны. В данных древостоях около 45 % запаса стволовой древесины сосредоточено в деревьях старшего поколения.

Пирогенный фактор не всегда приводит к образованию ступенчато разновозрастных древостоев [8]. Как видно на рис. 2, в сосняке брусничном (ППП 1), горевшем за последние 360 лет 4–5 раз (точное датирование пожаров было невозможным в связи с сильными гнилевыми повреждениями древесины ствола), в ряду распределения числа стволов и запасов древесины по классам возраста выделяются два максимума, разница в возрастах которых составляет около 40 лет, что определяется, по-видимому, возобновлением сосны после пожара. «Волны возобновления» чередуются со спадами [7, 8, 17, 19]. Основной запас древесины в сосняке брусничном (ППП 1) формируют деревья диаметром от 32 до 40 см. В сосняке багульниковом (ППП 6) древостой представлен деревьями четырех классов возраста (8–11), с преобладанием деревьев ступеней толщины от 16 до 24 см.

В сосняке бруснично-лишайниковом (ППП 5) древостой, так же как и в багульниковом, представлен четырьмя классами возраста, основной запас древесины в котором образуют деревья средних рангов по толщине 24–36 см. По [7], древостои такой возрастной структуры возникают в двух случаях: при растянутом во времени 60–80 лет заселении сосной открытых участков, образовавшихся на гарях и при формировании древостоев после выборочных рубок. Сосняки ППП 5, 6, по-видимому, сформировались после интенсивного пожара, который уничтожил большую часть материнского полога, затем в течение 60 лет произошло обильное заселение территории сосной, пик которых приходится на 10 класс возраста. По [9], древостои с таким распределением деревьев по возрасту можно объединить в тип условно разновозрастных насаждений.

Сосняки морошково-сфагновый (ППП 8) и чернично-сфагновый (ППП 9) сформиро-

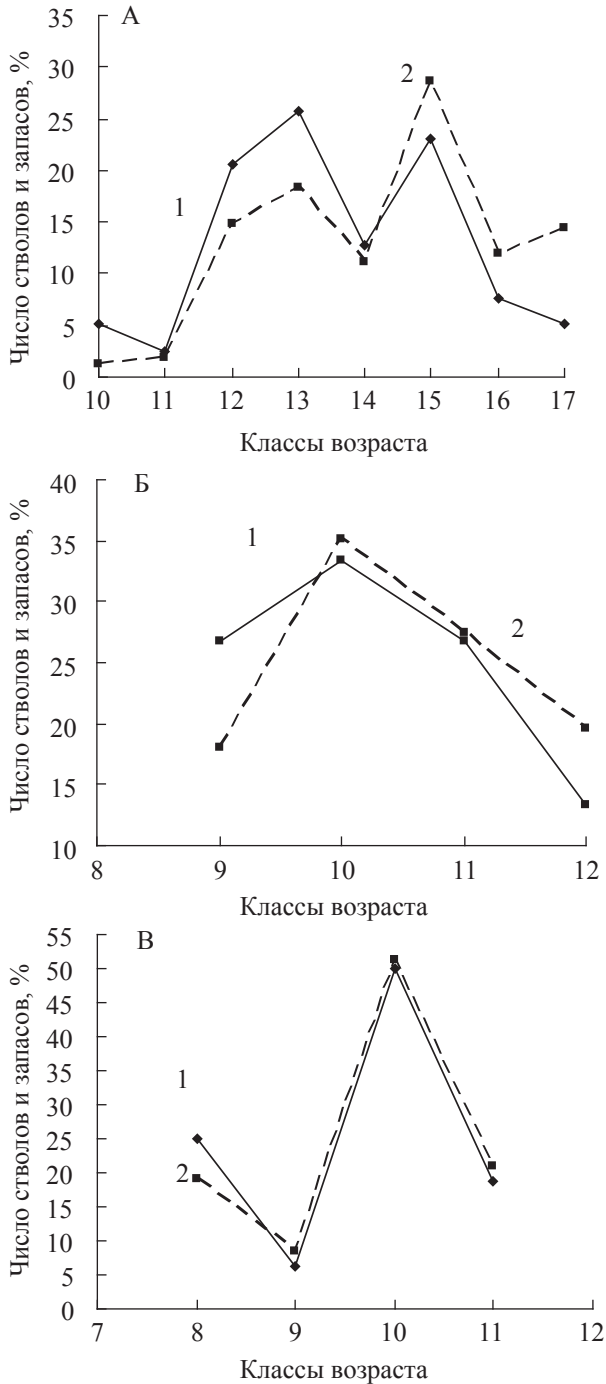


Рис. 2. Распределение деревьев сосны и их запасов стволовой древесины по классам возраста в условно разновозрастных сосняках: А – брусничный (ППП 1); Б – бруснично-лишайниковый (ППП 5); В – багульниковый (ППП 6). Условные обозначения те же, что на рис. 1.

вались без воздействия пирогенного фактора, что отражает постоянную (непрерывную) передвижку деревьев по возрастам (рис. 3). Согласно [15], в таких древостоях при естественном развитии идет постоянный процесс отмирания старых и появления новых деревьев. При этом таксационные показатели древостоев с течением времени изменяются незначительно. Циклы возобновления менее 20 лет и при выделении коротких циклов поколения можно установить только условно [8]. В таких насаждениях произрастают абсолютно разновозрастные древостои. Данный тип возрастной структуры довольно широко распространен в темнохвойных лесах [1, 4, 6, 13, 22], а также в сосняках, произрастающих на переувлажненных почвах и не затронутых пожарами насаждений [7, 8 и др.].

Древостои сосняков черничного (ППП 10) и лишайникового (ППП 11) представлены 2–3 поколениями сосны (рис. 4). При этом в обоих древостоях выделяется одно выраженное поколение, в котором сосредотачивается 50–60 % деревьев и запасов стволовой древесины. На ППП 10 первые два поколения 11 и 16 классов возраста представлены крупномерными стволами сосны диаметром 36–56 см, которые не образуют яркой выраженности поколений и составляют около 1 % от общего количества стволов. Третье поколение представлено четырьмя классами возраста (6–9) и включает до 60 % всех деревьев. В данном сосняке при общем запасе стволовой древесины $270 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$ нами выявлено большое количество недавно усохших деревьев. Запас сухостойных стволов составляет $114 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$, большая часть которых сосредотачивается в деревьях крупных ступеней толщины – от 32 до 56 см. Таким образом, можно отметить, что в данном насаждении идет интенсивный распад деревьев сосны старших поколений, что приводит к переформированию структуры насаждения. По [20], в среднетаежных сосняках Республики Коми формируются разновозрастные сосняки, которые образуют древостои с двумя и тремя поколениями при наличии в составе единичных старых сосен. В сосняках северо-западной России отмечается наличие единичных старовозрастных деревьев сосны,

которые могут образовывать несколько невыраженных поколений в древостое [25].

Сосняк лишайниковый (ППП 11) состоит из двух поколений деревьев с разрывом между ними 60 лет. Образование такого разрыва вызвано действием трех низовых пожаров, способствующих гибели подроста сосны. Первое поколение представлено четырьмя классами возраста. Наибольшее количество деревьев приходится на 11 класс. Второе поколение состоит из деревьев 3 и 4 классов возраста, которые, по-видимому, не пострадали во время последнего пожара. Сосняки черничный (ППП 10) и лишайниковый (ППП 11) по классификации [9] нельзя отнести ни к абсолютно разновозрастному, в связи с тем, что между поколениями имеются разрывы, ни к ступенчато разновозрастному типу возрастного строения, так как здесь не наблюдается яркой выраженности одного из поколений. Такая структура древостоев определяется активным распадом старого поколения насаждения и пожарами, которые, вероятно, вызывали демутиацию древостоев сосняков.

Статистические показатели рядов распределения деревьев по классам возраста (табл. 2) показывают, что средний возраст древостоев в сосняках бассейна верхней Печоры находится в пределах от 124 до 277 лет. Среднее квадратичное отклонение изменяется от 19 до 107 лет. Коэффициент вариации (CV) возраста деревьев в исследуемых сосняках не зависит от среднего возраста древостоев. Так, в условно разновозрастных сосняках CV возраста изменяется в пределах 10,5–13,1 %, асимметрия (A) близка к нулю $-0,28$ – $0,25$, эксцесс колеблется от $-1,06$ до $0,43$. Для таких насаждений характерно равномерное, близкое нормальному распределению деревьев по возрасту [4, 8]. С увеличением CV возраста в древостоях накапливаются старые или молодые деревья. В результате распределения деревьев по возрасту древостои становятся асимметричными с положительной или отрицательной косостью [4]. В относительно и абсолютно разновозрастных древостоях CV возраста деревьев колеблется в пределах 25,1–39,4, а в ступенчато разновозрастных типах он варьирует от 45,7 до 60,9 %. Высокий коэффициент

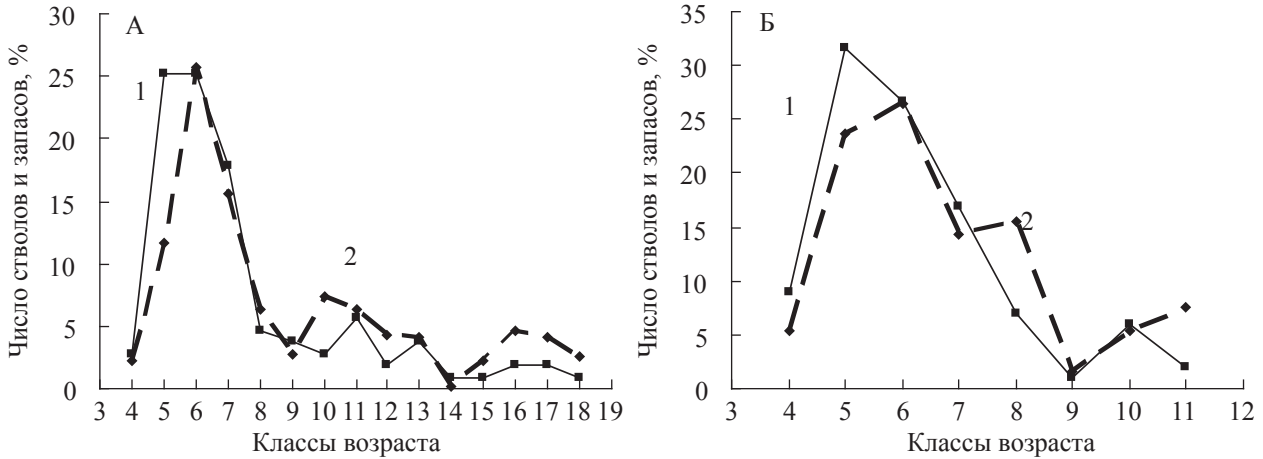


Рис. 3. Распределение деревьев сосны и их запасы стволовой древесины по классам возраста в абсолютно разновозрастных сосняках: А – морошково-сфагновом (ППП 8); Б – чернично-сфагновом (ППП 9). Условные обозначения те же что на рис. 1

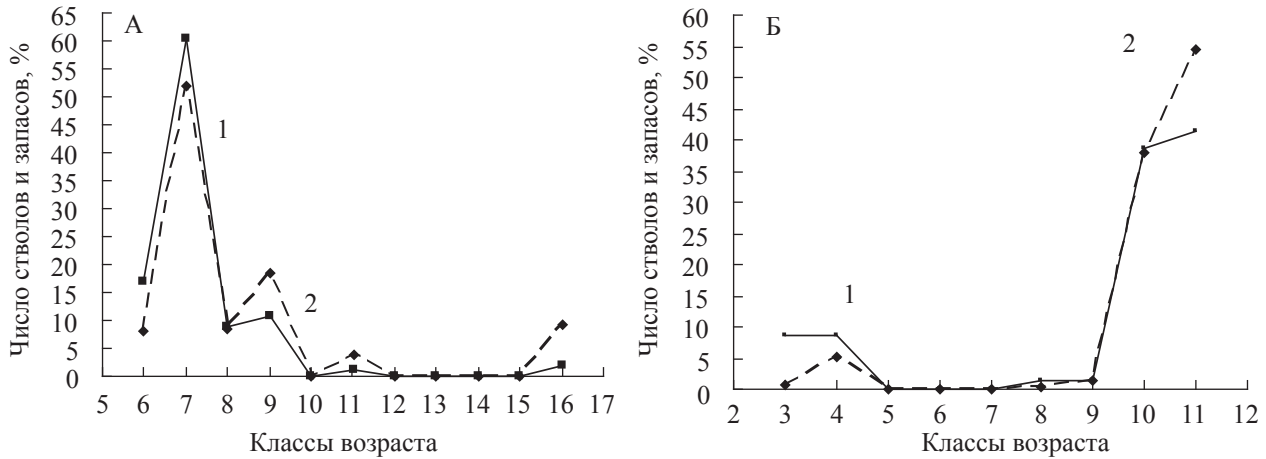


Рис. 4. Распределение деревьев и их запасы стволовой древесины по классам возраста в относительно разновозрастных сосняках демутационных фаз динамики: А – черничный (ППП 10) (с поколением восходящего ряда); Б – лишайниковый (ППП 11) (с поколением нисходящего ряда). Условные обозначения те же, что на рис. 1

изменчивости возраста деревьев для данных типов возрастной структуры отмечен [7].

Для оценки возрастной структуры древостоев проанализирована также взаимосвязь между диаметром и возрастом деревьев, которая описывается логарифмическими кривыми:

$$y = a \ln(x) - b,$$

где y – диаметр на высоте 1,3 м;

x – возраст древостоя;

a и b – коэффициенты.

Из табл. 3 видно, что довольно высокая связь между этими показателями отмечается в ступенчато разновозрастных древостоях сосняков (ППП 2, 3, 4, 9А), в которых корреляционное отношение изменяется в пределах 0.75–

0.93. В остальных типах эта связь изменяется от слабой до значительной ($R = 0,05–0,69$).

Сосняки на территории бассейна верхней Печоры характеризуются сложной возрастной структурой древостоев. Они представлены в основном двумя–пятью поколениями сосны. Древостои с одним поколением встречаются редко. В процессе развития древесный ярус может переходить из одного типа возрастной структуры в другой. Основным фактором, определяющим развитие сосняков, являются пожары. С увеличением коэффициента варьирования (CV) возраста от 10,5 до 60,9 % отмечается увеличение разновозрастности и числа поколений в древостоях. В древостоях старовозрастных сосновых насаждений нами выявлено 4 типа

Статистические показатели рядов распределения деревьев сосны по классам возраста в сосняках

Тип леса (ППП)	$M \pm m_M$, лет	$\bar{\sigma}$ лет	С.У., %	А	Е	Тип возрастной структуры
Брусничный (1)	277±0,5	36	12,9	-0,28	0,43	условно разновозрастные
Бруснично-лишайниковый (5)	197±0,5	26	13,1	0,25	-0,80	
Багульниковый (6)	177±0,5	19	10,5	-0,21	-1,06	
Черничный (10)	126±0,4	32	25,1	3,35	14,77	относительно разновозрастный демутационной фаз динамики (с поколением восходящего ряда)
Лишайниковый (11)	179±0,8	52	28,9	-1,61	0,85	относительно разновозрастный демутационной фаз динамики (с поколением нисходящего ряда)
Морошково-сфагновый (8)	154±0,6	61	39,4	1,67	2,11	абсолютно разновозрастные
Чернично-сфагновый (9)	124±0,6	33	26,3	1,47	1,91	
Лишайниково-зеленомошный каменистый (2)	165±0,9	75	45,7	-0,19	-1,72	ступенчато разновозрастные
Лишайниковый каменистый (3)	127±0,7	71	55,6	2,49	5,46	
Чернично-зеленомошный свежий (4)	215±0,9	102	47,5	-0,04	-1,65	
Бруснично-лишайниковый (9А)	174±0,9	107	60,9	0,14	-1,34	

Примечание. $M \pm m_M$ – средний возраст; $\bar{\sigma}$ – основное отклонение от среднего возраста; С.У. – коэффициент вариации; А – асимметрия («мера косости»); Е – эксцесс («мера крутости»).

Зависимость возраста деревьев с диаметром ствола на высоте 1,3 м

Тип леса (ППП)	Коэффициенты			Тип возрастной структуры
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i>	
Брусничный (1)	38,45	-184,18	0,50	условно разновозрастные
Бруснично-лишайниковый (5)	3,94	6,48	0,05	
Багульниковый (6)	9,97	-24,71	0,14	
Черничный (10)	35,28	-151,56	0,69	относительно разновозрастный демутационной фаз динамики (с поколением восходящего ряда)
Лишайниковый (11)	10,04	-26,32	0,59	относительно разновозрастный демутационной фаз динамики (с поколением нисходящего ряда)
Морошково-сфагновый (8)	8,2	-22,27	0,49	абсолютно разновозрастные
Чернично-сфагновый (9)	8,4	-21,77	0,40	
Лишайниково-зеленомошный каменистый (2)	14,59	-38,4	0,75	ступенчато разновозрастные
Лишайниковый каменистый (3)	20,71	-72,93	0,83	
Чернично-зеленомошный свежий (4)	28,81	-115,24	0,93	
Бруснично-лишайниковый (9А)	12,12	-38,52	0,77	

возрастной структуры: относительно разновозрастные демутационных фаз динамики, условно разновозрастные, абсолютно разновозрастные и ступенчато разновозрастные. Возможно, они не охватывают всех вариантов возрастной структуры. Дальнейшее накопление материала позволит детально уточнить классификацию

возрастного строения древостоев сосновых лесов данного региона.

Исследования выполнены под руководством д-ра биол. наук проф. К.С. Бобковой.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (10-04-00067)

Библиографический список

1. Бобкова, К.С. Еловые леса северной подзоны тайги / К.С. Бокова // Коренные еловые леса севера: разнообразие, структура, функции. – СПб.: Наука, 2006. – С. 99–158.
2. Валяев, В.Н. Возрастная структура сосновых лесов Карелии / В.Н. Валяев. // Лесоведение. – 1968. – № 6. – С. 36–41.
3. Верхунов, П.М. Прирост запаса разновозрастных сосняков / П.М. Верхунов. – Новосибирск: Наука, 1979. – 254 с.
4. Гусев, И.И. Типы возрастной структуры еловых древостоев Севера / И.И. Гусев // Лесной журнал. – 1975. – № 5. – С. 5– 11.
5. Гусев, И.И. Моделирование экосистем / И.И. Гусев. – Архангельск: АГТУ, 2002. – 112 с.
6. Дыренков, С.А. Структура и динамика таежных ельников / С.А. Дыренков. – Л.: Наука, 1984. – 174 с.
7. Зябченко, С.С. Сосновые леса Европейского Севера / С.С. Зябченко. – Л.: Наука, 1984. – 244 с.
8. Комин, Г.Е. К вопросу о типах возрастной структуры / Г.Е. Комин // Лесоведение. – 1963. – № 3. – С. 37–42.
9. Комин, Г.Е. Возрастная структура древостоев и принципы ее типизации / Г.Е. Комин, И.В. Семечкин // Лесоведение. – 1970. – № 2. – С. 24–33.
10. Левин, В.И. Сосняки европейского Севера / В.И. Левин. – М.: Лесная пром-сть, 1966. – 152 с.
11. Лесотаксационный справочник для северо-востока европейской части СССР (нормативные материалы для Архангельской, Вологодской областей и Коми АССР). – Архангельск: Арх. ин-т леса и лесохимии, 1986. – 357 с.
12. Мелехов, И.С. Влияние пожаров на лес / И.С. Мелехов. – М., Л.: Гослестехиздат, 1949. – 126 с.
13. Пахучий, В.В. Девственные леса Северного Приуралья / В.В. Пахучий. – СПб.: Наука, 1999. – 136 с.
14. Побединский, А.В. Сосновые леса Средней Сибири и Забайкалья / А.В. Побединский. – М.: Наука, 1965. – 268 с.
15. Побединский, А.В. Рубки и возобновление в таежных лесах СССР / А.В. Побединский. – М.: Лесная пром-сть, 1973. – 200 с.
16. Растительность европейской части СССР. – Л.: Наука, 1980. – 429 с.
17. Санников, С.Н. Лесные пожары как эволюционно-экологический фактор возобновления популяций сосны в Зауралье / С.Н. Санников // Горение и пожары в лесу. – Красноярск: Ин-т леса и древесины СО АН СССР, 1973. – С. 236–277.
18. Санников, С.Н. Экология естественного возобновления сосны под пологом леса / С.Н. Санников, Н.С. Санникова. – М.: Наука, 1985. – 152 с.
19. Санников, С.Н. Экология и география естественного возобновления сосны обыкновенной / С.Н. Санников. – М.: Наука, 1992. – 264 с.
20. Торлопова, Н.В. Сосновые леса европейского северо-востока: структура, состояние, флористический комплекс / Н.В. Торлопова, С.В. Ильчуков. – Екатеринбург: УрО РАН, 2007. – 191 с.
21. Третьяков, Н.В. Справочник таксатора / Н.В. Третьяков, П.В. Горский, Г.Г. Самойлович. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1952. – 853 с.
22. Шавнин, А.Г. Возрастное строение и ход роста разновозрастных ельников Среднего Урала / А.Г. Шавнин: дисс. ... канд. с.-х. наук. – Владивосток, 1962. – 13 с.
23. Шанин, С.С. Строение сосновых и лиственничных древостоев Сибири / С.С. Шанин. – М.: Лесная пром-сть, 1965. – 108 с.
24. Юдин, Ю.П. Геоботаническое районирование / Ю.П. Юдин // Производительные силы Коми АССР. – М.; Л.: АН СССР, – 1954. – Т.3. – Ч. 1. – С. 323–359.
25. Kuuluvainen T., Mäki J., Karjalainen L. & Lehtonen H. Tree age distributions in old-growth forest sites in Vienansalo wilderness, eastern Fennoscandia // Silva Fenn., 2002. Vol. 36 (1). – P. 169– 184

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ НАСАЖДЕНИЙ И НЕГАТИВНОЙ РОЛИ ВРЕДИТЕЛЕЙ И БОЛЕЗНЕЙ

Е.Г. МОЗОЛЕВСКАЯ, *проф. каф. экологии и защиты леса МГУЛ, д-р биол. наук,*
 А.В. ГОЛУБЕВ, *проф. каф. экологии и защиты леса МГУЛ, д-р биол. наук,*
 Т.В. ШАРАПА, *доц. каф. экологии и защиты леса МГУЛ, канд. биол. наук,*
 Н.Б. ДЕНИСОВА, *доц. каф. экологии и защиты леса МГУЛ, канд. биол. наук*

caf-ecology@mgul.ac.ru

При экологическом мониторинге объектами наблюдения являются состояние насаждений и факторы негативного воздействия на него – эндогенные и экзогенные. К эндогенным относятся обитающие в экосистемах дендрофильные насекомые и грибы

патогены. К экзогенным – неблагоприятные абиотические и антропогенные факторы, в том числе загрязнение среды.

Классификационные признаки факторов среды, неблагоприятно воздействующих на состояние и устойчивость деревьев

и насаждений, различаются *по природе или происхождению* (природные: абиотические – климатические, почвенно-гидрологические и др., биотические – зоогенные, фитопатогенные и пр., пирогенные, антропогенные, комплексные); *по сфере приложения* проявления (глобальное, фоновое, локальное, местное, точечное воздействие); *по периоду и продолжительности воздействия* (одномоментное, длительное, постоянное, периодически повторяющееся), *по характеру воздействия* (нарастающее, убывающее, кумулятивное и проч.); *по степени воздействия* (слабая, средняя, сильная степень воздействия) *и обратимости его последствий* (с обратимыми, частично обратимыми и необратимыми последствиями) [3].

Состояние деревьев и насаждений определяется по комплексу признаков, в том числе по *соотношению деревьев разных категорий состояния*.

Балльная оценка категорий состояния деревьев производится по комплексу признаков, на основе которых составлена известная шкала [3, 4, 10 и др.]. Дополнительно к шести основным категориям состояния (без признаков ослабления, ослабленные, сильно ослабленные, усыхающие и сухостой текущего года и прошлых лет) при необходимости прибавляют категории 7 – ветровал и 8 – бурелом.

В случае если процесс усыхания древостоя массовый и необходимо понять его динамику и распределить сухостой и валеж по годам, пользуются такими дополнительными признаками, как наличие в кроне ветвей разных порядков, сохранность коры, цвет луба и обнажившейся древесины, наличие и состав комплекса насекомых и других беспозвоночных под корой, развитие плодовых тел и мицелия грибов, стадия развития гнилей и др.

Для **выявления характера распределения и объема сухостоя и валежа** в насаждениях ведут специальный учет отдельных усохших и усыхающих деревьев, ветрвала и бурелома и их скоплений – групп и куртин.

Устойчивость лесов – это их способность сохранять свои свойства и функции, долговечность и длительность роста при определенном уровне изменчивости среды. Целесообразно выделять леса (лесные экосис-

темы), находящиеся в пределах устойчивого равновесия, с нарушенной устойчивостью – с обратимыми изменениями свойств и функций и с утраченной устойчивостью – с необратимыми изменениями свойств и функций [3, 6].

Об устойчивости судят по величине текущего отпада и его характеру, о котором свидетельствуют размеры и положение в древостое отмирающих деревьев; по суммарной доле сухостойных, ветровальных, буреломных деревьев, образовавшихся на последнем временном этапе жизни насаждений; по степени ослабления живой части древостоя, выражающейся в охвоенности, облиственности или степени усыхания кроны; по поврежденности деревьев патогенами и насекомыми; по нарушенности или сохранности лесной среды, о которой свидетельствует свойственная для данной породы, возраста и условий местопроизрастания насаждений их полнота.

К I классу (биологически устойчивым) относят насаждения, в которых текущий отпад не превышает нормального для данных возраста и условий произрастания, поврежденность деревьев вредителями и болезнями незначительна или отсутствует, лесозащитные мероприятия здесь, как правило, не требуются.

Ко II классу (с нарушенной устойчивостью) относят насаждения, где размер усыхания, в том числе текущий отпад, значительно превышает нормальный для данных возраста и условий произрастания, при этом средний диаметр отпада близок или выше среднего диаметра насаждения, здесь обычно требуется назначение лесозащитных мероприятий.

К III классу (насаждения, утратившие устойчивость) относят расстроенные насаждения, в составе которых усохла или усыхает значительная часть деревьев основного полога, после выборки которых образуется редица; в этих насаждениях, как правило, назначаются сплошные санитарные рубки с последующим лесовосстановлением.

Разделение насаждений на три класса устойчивости (жизнеспособности) позволяет выявить участки леса и лесные территории, где деятельность вредителей и болезней и других факторов негативного воздействия привела к полному или частичному усыханию леса

или растений в питомниках и других объектах лесного хозяйства и впоследствии дифференцированно подойти к выбору и назначению в них лесозащитных мероприятий [4, 8].

В качестве **интегрального показателя состояния насаждений** предлагается использовать также **индекс состояния насаждения (Is)**, с помощью которого можно оценивать как статику, так и динамику их ослабления и потери устойчивости [4].

Индекс состояния (Is) характеризует общую жизнеспособность насаждений. Он определяется по суммарной степени охвоенности (облиственности) крон древостоя (F) и сохранности лесной среды, о которой судят по сомкнутости крон (полноте) древостоя (p).

Для расчета индекса по данным перечета распределяют деревья по категориям состояния и определяют их количество (N_i , шт).

Далее находят сумму площадей поперечного сечения стволов деревьев каждой категории и суммируют их (Q_i). Сумму Q_i приравнивают к 10 и для доли деревьев каждой категории подсчитывают их участие (Q_i') как часть от 10.

Охвоенность (облиственность) или густоту кроны деревьев первой категории можно рассматривать как меру устойчивости и свидетельства нормального функционирования жизнеспособных деревьев. Она оценивается баллом, равным единице ($f_1=1$). Тогда густота крон менее жизнеспособных и устойчивых деревьев других категорий может быть обозначена как доля от единицы; например, для деревьев второй (N_2), третьей (N_3 и четвертой категорий (N_4), соответственно, как $f_2 = 0,8$, $f_3 = 0,6$ и $f_4 = 0,2$. Очевидно, что густота крон сухостойных деревьев f_5 и f_6 равна 0.

Полноте насаждения, нормальной для данных условий местопрорастания и свойственной его возрастному этапу (p (норм), присваивается коэффициент, равный 1 (p' (норм) = 1); при средней для этих условий полноте – p' (сред) = 0,8, при низкой – p' (низк) = 0,6. Индекс состояния насаждений рассчитывается по формуле

$$Is = F * p'$$

где – F суммарная охвоенность (облиственность) древостоя и p' – поправка на полноту.

Интегральная оценка состояния насаждений (Is) выражается в баллах и колеблется от 0,1 (при почти полном усыхании насаждений) до 10 (при идеальном их состоянии).

Убедительные примеры эффективности использования индекса состояния насаждений приведены в ряде публикаций [8 и др.]

Для **оценки роли и значимости негативных факторов в снижении устойчивости, ослаблении и усыхании насаждений** в первую очередь необходимо разделение вредителей и болезней на экологические и эколого-хозяйственные группы. Оно проводится по общности поражаемых частей древесных растений (болезни и вредители почек, цветков, плодов и семян, листьев и хвои, побегов, ветвей, ствола и корней), болезней – по симптомам проявления и типам (сосудистые, некрозно-раковые, гнилевые болезни), вредителей – по объектам и типам повреждения растений, и тех, и других – по распространенности и значимости в различных эколого-производственных объектах лесного хозяйства (в питомниках, в насаждениях разных возрастных групп, на складах и проч.).

Проведенная в свое время А.И. Воронцовым [1, 2] **классификация главных последствий повреждения леса** вредителями и болезнями включает преждевременное усыхание деревьев и насаждений; функциональное расстройство насаждений с изменением ряда происходящих в них биологических процессов в неблагоприятном направлении; ухудшение качества насаждений, их преждевременное старение и потеря биологической устойчивости; снижение выхода деловой древесины, обесценивание ее части, снижение срока ее службы, ухудшение технических качеств и др.

По уровню **вредоспособности** виды вредителей и возбудителей болезней удобно ранжировать на три разных по отрицательному значению группы: 1 – особо, 2 – умеренно и 3 – мало вредоспособные.

Реальная **вредоносность** насекомых и возбудителей болезней леса в конкретных регионах зависит от размеров и характера их ареалов и площади их очагов; наличия, характера развития, продолжительности и пов-

торяемости вспышек массового размножения насекомых или эпифитотий и очагов болезней в данных регионах; лесоводственно-таксационных характеристик насаждений, где развиваются их очаги; устойчивости повреждаемых пород и лесов к повреждениям.

При этом следует учесть, что размер потерь и категория тяжести последствий зависит, в значительной мере, от степени, кратности и продолжительности воздействия, от условий мест произрастания насаждений и характеристики повреждаемых пород, их устойчивости к повреждениям и от их регенеративных и компенсационных способностей. Кроме этого имеют значение природные особенности и интенсивность ведения лесного хозяйства регионов, где развиваются очаги данного вида, в том числе лесистость территории, направление лесного хозяйства, целевое назначение и использование лесов, их экологическая ценность [7 и др.].

Детальное рассмотрение последствий повреждения деревьев и насаждений зоогенными и фитопатогенными факторами, несмотря на их разную природу и характер наносимых повреждений (поражений), позволяет их объединить по ряду общих признаков. Для удобства анализа целесообразно систематизировать их, разделив на три уровня: последствия *первого порядка* – на уровне дерева, последствия *второго порядка* – на уровне популяций деревьев (древостоя) и последствия *третьего порядка* – на уровне экосистемы.

Очевидно, что нарушения третьего – экосистемного уровня – могут рассматриваться как *последствия наивысшей тяжести*. Они включают разнообразные, чаще всего нежелательные с точки зрения человека, изменения в составе и структуре биоценозов и изменении параметров экосистемы, которые могут превышать **допустимые пределы**, обеспечивающие сохранение ее устойчивости. Это может повлечь за собой создание **кризисных ситуаций**, когда параметры экосистемы приблизятся к критическим порогам, после чего могут наступить **необратимые изменения и деградация лесных экосистем**, сопровождающиеся разрушением или нарушением эко-

логических связей между отдельными компонентами, обеспечивающих нормальный обмен веществом и энергией внутри экосистемы и с окружающей средой в целом.

На экосистемном уровне можно рассматривать последствия повреждений трех типов в зависимости от их обратимого или необратимого характера:

катастрофы – необратимые последствия или с периодом обратимости более оборота рубки (50–100 лет);

бедствия – частично обратимые (1, 2 и 3 категории);

нарушения – полностью обратимые.

По масштабу проявления последствия повреждений на экосистемном уровне можно разделять на следующие категории: глобальные – в пределах многих стран и Земли в целом; национальные или государственные – в пределах одной страны (государства); региональные; локальные.

У процессов и явлений локального порядка радиус действия менее 10 км, регионального – от 10 до 100 км, более 100 км – глобального масштаба.

Ниже приводится обобщенная классификация последствий повреждений леса на экосистемном уровне. При этом всем последствиям, имеющим экологический характер, присваивается одно из трех наименований: катастрофы, бедствия и нарушения. Кроме того, двум последним категориям экологических последствий (бедствиям и нарушениям) присваивается дополнительно еще три подкатегории (от 1-ой до 3-ей), в зависимости от степени и тяжести их проявления.

Перечень регистрируемых факторов повреждения (поражения) и последствий повреждения (воздействия) необходимо классифицировать в пределах действующих в лесной отрасли эколого-хозяйственных объектов: в семенных хозяйствах и плантациях; в питомниках; в лесных культурах (до смыкания и после смыкания); для подроста (под пологом насаждений и на вырубках); в лесных насаждениях разных возрастных групп (в молодняках, в средневозрастных, приспевающих, спелых и перестойных насаждениях); для древесины на складах и в сооружениях.

Классификация последствий повреждения леса

Последствия повреждений леса на экосистемном уровне			Категория тяжести последствий	
			экологических	экономических
Полное усыхание лесов на территории с переходом категории лесопокрытой площади в другую категорию земель	в непокрытую лесом не-лесную площадь с необратимым изменением среды или с длительным (более 100 лет) периодом восстановления	непродуцирующую (техногенную пустошь, отвал, карьер и пр.)	Катастрофа	Снижение цены земель, ресурсов
		биологически продуцирующую (болото, прогалина и др.)	Бедствие 1 подкатегории	
	в не покрытую лесом лесную площадь, где возможно лесовосстановление		Бедствие 2 подкатегории	
Частичное усыхание древостоев со снижением полноты, запаса и биологической продуктивности и устойчивости насаждений	до степени редины с несохранением лесной среды и значительной утратой ресурсных функций		Бедствие 2 подкатегории	То же
	с сохранением лесной среды и снижением ресурсных функций		Бедствие 2 подкатегории	Снижение цены ресурсов
Снижение прироста растущих деревьев	невосстановимое		Нарушение 1 подкатегории	То же
	частично восстановимое		Нарушение 2 подкатегории	
	восстановимое полностью		Нарушение 3 подкатегории	
Снижение качества (сортности) древесины	до неликвидности		Нет	Потери в стоимости древесины
	значительное (не менее чем на 2 сорта)		Нет	
	незначительное (на 1 сорт)		Нет	
Снижение количества и качества семян и плодов	полное уничтожение урожая, полная потеря всхожести		Нарушение 1 подкатегории	Потери в стоимости урожая
	частичная потеря урожая, снижение сортности		Нарушение 2 подкатегории	
Снижение количества выхода и качества посадочного материала в питомнике	полная гибель сеянцев и саженцев		Нарушение 1 подкатегории	Нерациональные расходы на выращивание посадочного материала
	частичная гибель и снижение качества посадочного материала		Нарушение 2 подкатегории	
Усыхание лесных культур	полная гибель молодых растений		Нарушение 1 подкатегории	Нерациональные расходы на создание и уход за культурами
	частичная гибель молодых растений и дополнение культур		Нарушение 2 подкатегории	

В состав последствий повреждений и связанных с ними потерь, если они имеют место в эколого-хозяйственных объектах лесной отрасли, для создания и содержания которых произведены и/или производятся реально учитываемые затраты, они обязательно включаются в расчет и увеличивают потери. Это так называемые *непроизводительные затраты*, утраченные вследствие отсутствия эффекта вложений из-за гибели сеянцев, лесных

культур, урожая семян в семенных хозяйствах, на создание и содержание которых тратились операционные средства лесного хозяйства.

На основании всех этих данных для эколого-хозяйственных объектов можно провести систематизацию и составление перечня весомых и неважных, экономических, экологических и социальных потерь от воздействия неблагоприятных природных и антропогенных факторов.

При принятии решения о назначении защитных мероприятий необходимо, прежде всего, предотвращать возможность катастрофических последствий и бедствий, вызываемых деятельностью вредителей и болезней, возможные нарушения, вызываемые ими в лесных экосистемах можно оставлять без внимания и без вмешательства человека, полагаясь на регенерационные способности и устойчивость популяций деревьев и на вероятность самовосстановления экосистем. Надежным обоснованием эффективности принятия лесозащитных решений должны служить данные лесопатологического мониторинга и его многолетняя база данных, которые позволят разработать алгоритм последовательного анализа ежегодно обновляемых материалов надзора за динамикой состояния лесов, популяционных показателей вредителей и показателей развития болезней, оценку ожидаемой угрозы повреждения ими лесов и потенциальных потерь от воздействия неблагоприятных природных и антропогенных факторов.

Для выявления площади насаждений с разной степенью ослабления и усыхания насаждений необходимо располагать данными об участках насаждений с нарушенной и утраченной устойчивостью (жизнеспособностью) в пределах контролируемой лесной территории. Совершенно очевидно, что последствия нарушений тем выше, чем больше территория биотопа, участка, лесной площади, где они проявляются, и чем большее количество деревьев подвергается повреждению (поражению) вредителями и болезнями.

Для оценки роли вредителей и болезней в ослаблении и усыхании насаждений необходимо иметь данные о соотношении деревьев разных категорий состояния в насаждениях (по данным пробных площадей) и данные об их поврежденности вредителями и пораженности болезнями или другими негативными факторами воздействия, а также сведения о размерах (диаметре на высоте груди) деревьев разных категорий состояния.

Сопоставление состояния деревьев и их среднего диаметра с их пораженностью и

поврежденностью вредителями и болезнями и другими факторами негативного воздействия позволят определить роль каждого из факторов в ослаблении и усыхании деревьев. Средний диаметр деревьев разных категорий позволит понять характер отпада в насаждении. Если к 4, 5 и 6 категориям состояния относятся деревья меньших диаметров, то характер отпада близок к естественному, если же диаметр ослабленных в разной степени, усыхающих и сухостойных деревьев близок или выше среднего диаметра насаждений, то можно говорить о патологическом его характере.

Потери от вредителей и болезней и от воздействия других неблагоприятных факторов в лесном хозяйстве – это реальные последствия состоявшихся повреждений или поражений леса, выражающиеся в частичной или полной утрате целевых функций леса. Подвергаются классификации и систематизации основные категории лесной продукции и полезностей леса в различных эколого-хозяйственных объектах лесного хозяйства, виды и размер затрат на их создание и поддержание и планируемая прибыль от их реализации (так называемые непроизводительные затраты) для различных органов управления лесами субъектов РФ (регионов, районов, производственных объединений). На основании всех этих данных для эколого-хозяйственных объектов можно провести систематизацию и составление перечня весомых и невесомых, экономических, экологических и социальных потерь от воздействия неблагоприятных природных и антропогенных факторов.

К весомым (материальным) ресурсам леса относятся древесина, урожай плодов и семян (для воспроизводства леса и потребления в виде пищевых продуктов), древесная зелень, корьё, корневой осмол, лубяные волокна, саженцы и сеянцы в питомниках для создания лесных культур и озеленения, лесные продукты (лекарственное сырье, грибы, ягоды и др.), дичь, пушнина, продукты лесного пчеловодства и др.

Невесомые или неоцениваемые **полезности леса** очень широки, к ним относятся

рекреационные функции леса, утилизация и накопление им углекислого газа, производство кислорода и фитонцидов, ионизация воздуха, ландшафтообразующие, водорегулирующие, почвозащитные, климаторегулирующие, в том числе ветрозащитные, регулирующие температуру, влажность, солнечную инсоляцию свойства, способность служить фитофильтром и аккумулировать загрязнения и т. д.

Наиболее полным учетом потерь может быть в будущем такая мера, как оценка влияния негативных факторов на баланс CO_2 на основании последствий нарушений экосистемного уровня.

При учете потерь от вредителей и болезней и повреждений леса объектами оценки могут быть: лес как биогеоценоз (экосистема); лес как средоформирующий, средостабилизирующий и средозащитный фактор; лесная земля как главное средство производства в лесном хозяйстве; древесной как источник древесины и других его продуктов; ресурсы побочного пользования леса; продукция охотхозяйства и охотничья фауна.

В настоящее время разработан и применяется комплекс показателей, используемых при лесопатологических обследованиях насаждений с нарушенной устойчивостью и при надзоре в очагах вредителей и болезней. Он подробно рассматривается в известном Терминологическом справочнике лесного хозяйства (2004). Для оценки степени антропогенной трансформации экосистем следует использовать комплекс разных показателей, характеризующих компоненты экосистем, в том числе биоиндикационные [13]. Критерии оценки дерева, свидетельствующие о его реакции на загрязнение и происходящих регенерационных процессах – это ажурность кроны, усыхание элементов кроны – побегов, ветвей второго порядка и скелетных ветвей – образование на стволах и у их основания регенерационных побегов.

Эти показатели должны отвечать определенным требованиям, способным адекватно характеризовать происходящие в лесах явления и процессы, быть взаимодополняе-

мыми и при необходимости взаимозаменяемыми, легко поддаваться ранжированию и объединению в комплексы, характеризующие пороги перехода и сукцессионные стадии лесных экосистем при определенных видах антропогенного воздействия.

Библиографический список

1. Воронцов, А.И. Биологические основы защиты леса / А.И. Воронцов. – М.: Высш. школа, 1963 – 324 с.
2. Воронцов, А.И. Патология леса / А.И. Воронцов. – М.: Лесная пром-сть. 1978 – 270 с.
3. Мозолевская, Е.Г. Оценка состояния и устойчивости насаждений и др. разделы : 3, 22, 25.3, 26,4 // А.И. Воронцов, Е.Г. Мозолевская, Э.С. Соколова. – М.: Экология. 1991. – С.19-22, 132-143, 210-214, 234 – 237,
4. Мозолевская, Е.Г. Методы оценки и прогноза динамики состояния насаждений / Е.Г. Мозолевская // Лесное хозяйство. – 1998. – № 3. – С. 43–45.
5. Мозолевская, Е.Г. Факторы нарушения устойчивости лесов Москвы и ближнего Подмосковья и их значение / Е.Г. Мозолевская // Влияние рекреации на лесные экосистемы и их компоненты. РАН. ОБН. Институт лесоведения. – М., 2004. – С. 4–37.
6. Мозолевская, Е.Г. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса / Е.Г. Мозолевская, О.А. Катаев., Э.С. Соколова. – М.: Лесная пром-сть, 1984. – 152 с.
7. Мозолевская, Е.Г. О роли хвое- и листогрызущих насекомых в лесных экосистемах / Е.Г. Мозолевская, И.А. Уткина // Энтомологические исследования в Сибири. Вып. 3. Изд-во ИЛ СО РАН. – Красноярск, 2004. – С. 4–27.
8. Мозолевская, Е.Г. Некоторые результаты применения индекса состояния насаждений при мониторинге / Е.Г. Мозолевская, Т.В. Шарапа // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2003. – № 2(27). – С. 142–144.
9. Мозолевская, Е.Г. Показатели техногенного воздействия на леса и их использование для зонирования территории / Е.Г. Мозолевская, Т.В. Шарапа // Мониторинг лесных и городских экосистем. – М.: МГУЛ, 2004. – С. 86–91.
10. Наставление по организации и ведению лесопатологического мониторинга в лесах России. МПР РФ. – М.: ВНИИЛМ, 2001. – 85 с.
11. Наставление по принятию решений о целесообразности лесозащитных мероприятий в очагах хвое- и листогрызущих насекомых в европейской части России. (Для опытнопроизводств. проверки, ответств. исполнитель А.В. Голубев) Минлесхоз РСФСР. – М., 1988. – С. 11.

МОДЕЛИ ПАРАЗИТ–ХОЗЯИН ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ БОРЬБЫ

А.В. ГОЛУБЕВ, *проф. каф. экологии и защиты леса МГУЛ, д-р биол. наук,*
Н.Б. ДЕНИСОВА, *доц. каф. экологии и защиты леса МГУЛ канд. биол. наук,*
В.В. РУБЦОВ, *проф. Института лесоведения РАН, д-р биол. наук*

nevolina@mgul.ac.ru, caf-ecology@mgul.ac.ru

Модели паразит–хозяин являются частью обширных программ биологической борьбы, разработанных для управления системой лес–насекомое [4].

В настоящее время имеется большое число моделей, построенных на различных принципах [8]. Это случайных поиск и постоянная поисковая эффективность; случайный поиск, поисковая эффективность зависит от плотности паразита; случайный поиск, поисковая эффективность зависит от плотности хозяина и паразита; неслучайный поиск и постоянная поисковая эффективность; неслучайный поиск, поисковая эффективность зависит от плотности паразита.

Проанализируем классическую модель Никольсона-Бейли. В оригинале модель выглядит следующим образом [8].

$$\begin{aligned} N_{t+1} &= FN_t \exp(-aP_t), \\ P_{t+1} &= N_t(1 - \exp(-aP_t)), \end{aligned} \quad (1)$$

где N_t и N_{t+1} – плотность популяции хозяина в год t и $t+1$;

P_t и P_{t+1} – плотность популяции паразита в год t и $t+1$;

a – площадь, которую обследует самка за всю свою жизнь;

F – норма увеличения хозяина.

Заметим, что F не обязательно средняя плодовитость на самку, предположим, вид хозяина имеет среднюю плодовитость 100 яиц на самку. В этом случае $F = 100$, если только нет смертностей от различных факторов. Если же суммарная величина независимых смертностей составляет 90 %, $F = 10$, если смертность равна 95 %, $F = 5$ и т.д. [8].

Поисковую площадь можно вычислить из соотношения [6]

$$a = -(1/y) \ln P(y), \quad (2)$$

где a – обследуемая площадь;

y – плотность популяции самок паразитов;

$P(y)$ – вероятность того, что определенная самка хозяина избежит заражения.

Модель (1) порождает колебания с возрастающей амплитудой, однако ее практическое применение дает точные результаты [8].

Поскольку моделей паразит–хозяин оказалось много и все они построены на разных принципах и имеют различные параметры, Ф.Н. Семевский (личное сообщение) предложил унифицировать эти параметры на основе динамической системы

$$\begin{aligned} x_{n+1} &= a(1 - f(x_n, y_n))y_n, \\ y_{n+1} &= k(x_n, y_n)y_n, \end{aligned} \quad (3)$$

где x и y – соответственно численность паразита и хозяина;

a – среднее число паразитов, вышедших из одного зараженного хозяина;

k – коэффициент естественного воспроизводства хозяина.

Частными случаями этой модели являются модели Никольсона-Бейли и Хассела-Варли [1].

Однако подбор реальных параметров моделей и их экстраполяция встретили определенные трудности и от такого подхода было решено отказаться.

Ф.Н. Семевский [2] в соответствии с развитием им теоретическим представлениям поведения хозяина и паразитоида приписывается оптимальность (максимальное значение математического ожидания логарифма коэффициента размножения особи), целесообразность. В результате максимизируется средняя геометрическая коэффициента размножения особей. При этом модель Никольсона-Бейли дополняется системой уравнений, определяющих поверхность Метью-Кермаки (любая адаптация развивается за счет совокупности прочих адаптаций) и задающих связь между адаптивными параметрами хозяина и паразитоида. После всех

**Плотность популяции непарного шелкопряда
и зараженных гусениц тахиной *Parasetigena sylvestris***

Участок	Количество гусениц 1-го возраста на 100 сырой листвы / % паразитизма по годам			
	1991	1992	1993	1994
1	4,21/53,4	1,0/26,4	7,56/15,4	33,1/18,6
2	2,52/53,7	0,31/26,0	7,07/14,0	27,54/19,0
3	5,86/54,3	0,64/26,4	5,31/14,9	17,4/19,3
4	9,39/53,0	0,39/27,4	6,47/14,1	28,8/19,1
Контроль 1	25,4/23,7	3,01/24,7	6,97/14,8	30,1/18,9
Контроль 2	35,5/23,4	2,46/26,6	4,71/13,9	20,9/19,4

Т а б л и ц а 2

**Прогноз и реализация движения численности непарного шелкопряда
и зараженность гусениц тахиной**

Прогноз на 1995 г.		Реализация на 1995 г.		Ошибка прогноза, %	
Хозяин	Паразит	Хозяин	Паразит	Хозяин	Паразит
6,94	15,27	33,12	18,6	79	17,7
6,58	15,04	27,54	19,0	76	20,8
5,12	14,45	17,46	19,3	71	25,1
6,07	14,82	28,8	19,1	79	22,4

преобразований модель выглядит следующим образом [3]

$$\begin{aligned} y_{n+1} &= y_n^{1-b} y^{*b}, \\ y_{n+1} &= k y_{n+1}, \\ k &= x_n / y_n, \end{aligned} \quad (4)$$

где y и x – соответственно плотность популяции хозяина и паразита;

b – коэффициент в рамках модели определяет постоянную смертность, вызванную паразитоидами;

y^* – средняя многолетняя плотность популяции хозяина.

Полученная модель оказалась глобально устойчивой [3], но ее предсказующая точность относительно удовлетворительная.

Рассмотрим данные по непарному шелкопряду и зараженность его гусениц тахиной *Parasetigena sylvestris*, полученные в дубовых насаждениях Самарской области [5] (табл. 1).

Из данных таблицы видно, что смертность, вызванная тахиной, при колебаниях численности хозяина имеет тенденцию сохранять свое значение. Исключением является только 1991 г., когда в результате обработки участков инсектицидами численность хозяина резко упала, и паразитизм по сравнению с контролем увеличился более чем в 2 раза. На следующий год общая тенденция восстановилась.

Таким образом, эмпирический факт относительного постоянства паразитизма подтверждает теоретические положения, высказанные [3].

Прогноз по модели 4 и реализация движения численности непарного шелкопряда и зараженность гусениц тахиной представлены в табл. 2.

Как и следовало ожидать, паразитизм мало варьирует по годам и модель дает достаточно удовлетворительное приближение к действительности. Наоборот, при прогнозировании плотности непарного шелкопряда модель обладает неудовлетворительной точностью.

Согласно [4] смертность, вызванная специализированными паразитами, при колебаниях численности имеет тенденцию сохранять свое значение; общая смертность, вызванная паразитами (специализированными и неспециализированными), еще более постоянна. Например [9] приводит такую модель для общего паразитизма гусениц старших возрастов листовертки-почкоеда

$$p = 0,4 \cdot I^{-0,003N_i}, \quad (5)$$

где p – доля паразитированных особей;

N_i – плотность гусениц.

Таким образом, при анализе реальных процессов взаимодействия паразит–хозяин

можно предложить достаточно общий практический метод определения доли паразитированных особей. Если в этом году паразитизм был равен 30 %, то на следующий год он будет такой же.

Библиографический список

1. Антоновский, М.Я. Математический анализ некоторых эколого-экономических моделей / М.Я. Антоновский, М.М. Семенов // Всесторонний анализ окружающей природной среды. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – С. 294–307.
2. Корзухин, М.Д. Синэкология леса. / М.Д. Корзухин, Ф.Н. Семевский. – СПб.: Гидрометеоздат, 1992. – 192 с.
3. Семевский, Ф.Н. Динамика численности животных, растений и человека / Ф.Н. Семевский. – Екатеринбург, 2007. – 200 с.
4. Семевский, Ф.Н. Математическое моделирование экологических процессов / Ф.Н. Семевский, С.М. Семенов. – Л.: Гидрометеоздат, 1982. – 280 с.
5. Сергеева, Ю.А. Адаптации и устойчивость системы паразит-хозяин./ Ю.А. Сергеева, А.В. Голубев // Экология, мониторинг и рациональное природопользование: Научные труды МГУЛ. – М.: МГУЛ, 1996. – С. 64–70.
6. Смит, Дж.М. Модели в экологии / Дж.М. Смит. – М.: Мир, 1976. – 184 с.
7. Холинг, К.С. (ред.) Экологические системы. Адаптивная оценка и управление / К.С. Холинг. – М.: Мир, 1981. – 397 с.
8. Hassel M.P., May R.M. Stability in insect host-parasite Models. // *J/ Anim. Ecol.*, 1973, v. 42, 3. – P. 693-726/
9. Jones D.D. The budworm site Model/ //Proceed. Confer. In Pest Management IASA H-79-42 Gb, 1979, v. 4. – 155p/

ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ ОЧАГОВ ТИПОГРАФА В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ В ПЕРИОД КУЛЬМИНАЦИИ РАЗМНОЖЕНИЯ

В.С. КЛЮЕВ, *асп. каф. лесозащиты и охотоведения БрГИТА,*

В.П. ШЕЛУХО, *проф. каф. лесозащиты и охотоведения БрГИТА, д-р с.-х. наук*

vikt-klyu@yandex.ru

В 2009 г. в Брянской области отмечено увеличение площади усыхания ельников и образования очагов типографа. В 2010 и 2011 гг. очаги размножения короеда-типографа и усыхания еловых насаждений приняли повсеместный характер в ряде областей Центральной России [2]. Как отмечают многие авторы, европейская часть России является «зоной периодических пандемических размножений типографа и связанных с этим катастрофических усыханий ели» [3]. Кульминация размножения в Брянской области пришлась на 2011 год.

Резкому росту численности и активности типографа способствовала экстремальная жара и засуха лета 2010 г., которая, с одной стороны, способствовала увеличению числа поколений короеда, развивающихся в течение года, а с другой стороны – привела к значительному ослаблению ельников, особенно на хорошо дренированных почвах и возвышенных элементах рельефа.

Типограф относительно свето- и теплолюбив, предпочитает среднеполнотные

(0,5–0,7) еловые насаждения, произрастающие на свежих суглинистых и супесчаных почвах, относящихся к сложной группе типов леса [1, 4, 7]. А.Д. Маслов и А.И. Комарова [2] отмечали, что первичные очаги усыхания ельников приурочены к типам ландшафтов слабоволнистых междуречий с мощными песками и супесями. Усыханию в большей степени подвержены спелые и перестойные еловые насаждения.

Наши исследования проводились в еловых насаждениях на территории Брянской области, которые занимают площадь 111,7 тыс. га. Средний возраст ельников составляет 42 года, средняя полнота – 0,74, средний класс бонитета находится на уровне 1,2.

При исследовании санитарно-патологического состояния насаждений использовались методы ведения лесопатологического мониторинга согласно «Руководству по проектированию..., 2007» и лесопатологическому обследованию [5, 6].

При проведении мониторинга и обследования в еловых насаждениях Брянской области в 2011 г. выявлены очаги короеда-типографа на площади 4196 га, что составляет 16,5 % от площади приспевающих, спелых и перестойных ельников и 3,8 % от общей площади еловых насаждений. В 2008 г. площадь очагов короеда типографа составляла 1635 га, в 2009 г. – 1682 га, в 2010 г. – 2834 га. Очаги слабой степени повреждения ельников в 2011 г. выявлены на площади 993 га (23,7 % от площади очагов вредителя), средней степени – 2140 га (51 %), сильной – 1062 га (25,3 %).

Основная доля обследованных еловых насаждений слабой степени повреждения (заселено 10–20 % деревьев [5, 6]) выявлена в группе урочищ зандровые и моренно-зандровые равнины – 660 га или (66,5 % от площади очагов слабой степени повреждения). Второй по представленности очагов слабой степени повреждения группой урочищ являются аллювиальные равнины – 256 га (25,8 %) (табл. 1). Данные группы урочищ располагаются на повышенных элементах рельефа, где ель адаптирована к промывному типу водоснабжения за счет атмосферных осадков и, как следствие, более подвержена заселению короедом-типографом в засушливые сезоны из-за нарушения водоснабжения и снижения давления в смолоходах. Доминирующим урочищем в очагах со слабой степенью повреждения ельников типографом являются слабоволнистые междуречья, сложенные мощными песками и супесями, с подзолистыми и дерново-подзолистыми почвами – 331 га (33,4 % от площади очагов вредителя слабой степени повреждения). Минимальная доля поврежденных в слабой степени ельников отмечена в группе урочищ лесовые плато – 9,2 га (0,2 % от общей площади очагов вредителя или 0,9 % от площади очагов вредителя слабой степени повреждения), где ель адаптирована к недостатку влаги в почве. В группах урочищ моренные равнины и водно-ледниковые, суглинистые и супесчано-суглинистые равнины ослабления слабой степени не выявлено. В данной группе урочищ преобладают слабо дренированные почвы, ель произрастает в условиях избыточного увлажнения, где даже в периоды продолжительных

засух долгое время сохраняется влага в почве, что поддерживает устойчивость деревьев к заселению короедом.

Насаждения со средней степенью повреждения (заселенных деревьев 21–30 %) также преобладают в группе урочищ зандровые и моренно-зандровые равнины – 1269 га (30,3 % от общей площади очагов вредителя или 59 от площади очагов вредителя средней степени повреждения). Второй по распространенности группой урочищ со средней степенью повреждения древостоев типографом являются аллювиальные равнины – 689 га (32,2 % от площади очагов вредителя средней степени повреждения). Минимально средняя степень повреждения еловых насаждений встречалась в группе урочищ моренные равнины – 1,5 га (0,1 %) (табл. 1). Наиболее распространенными урочищами со средней степенью повреждения еловых древостоев являются слабоволнистые междуречья, сложенные мощными песками и супесями, с подзолистыми и дерново-подзолистыми почвами – 523 га (24,5 % от площади очагов вредителя средней степени повреждения). Наши данные подтверждают ранее полученные результаты А. Д. Маслова и А.И. Комаровой (2011). Здесь ель произрастает на хорошо дренированных почвах и адаптирована к промывному водоснабжению преимущественно за счет атмосферных осадков.

Сильная степень ослабления (заселенных деревьев свыше 30 %) еловых насаждений типографом преобладает также в группах урочищ зандровые и моренно-зандровые равнины – 780 га (73,5 % от площади очагов вредителя сильной степени повреждения) и в аллювиальных равнинах – 214 га (20,2 %) (табл. 1).

Таким образом, из анализа материалов обследования следует, что основная доля ослабленных и усыхающих еловых насаждений с очагами короеда приходится на группу урочищ зандровые и моренно-зандровые равнины – 2710 га обследованных ельников (64,6 % от общей площади очагов вредителя) (рис. 1). Данный факт подчеркивает неустойчивость ели в засушливые периоды на повышенных элементах рельефа.

Распределение площади очагов типографа в ельниках по группам урочищ, га

Группа урочищ	Степень повреждения							
	Слабая		Средняя		Сильная		Итого	
	га	%	га	%	га	%	Га	%
1 Лессовые плато	9,2	0,22		0,00	1,9	0,05	11,1	0,26
2 Моренные равнины		0,00	1,5	0,04		0,00	1,5	0,04
3. Водноледниковые суглинистые и супесчано-суглинистые равнины		0,00	20,7	0,49	23,7	0,56	44,4	1,06
4. Зандровые и морено-зандровые равнины	660,25	15,73	1269,29	30,25	780,49	18,60	2710,03	64,58
5. Аллювиальные равнины (террасы речных долин)	256,6	6,12	689,79	16,44	214,61	5,11	1161	27,67
6. Лугово-лесные (поймы рек и днища древних ложбин стока)	48	1,14	128,4	3,06	21,46	0,51	197,86	4,72
7. Болотные	19,7	0,47	30,5	0,73	20	0,48	70,2	1,67
Итого	993,75	23,68	2140,18	51,00	1062,16	25,31	4196,09	100,00

Необходимо отметить, что наибольшие площади очагов типографа были отмечены в местностях и урочищах с хорошо дренированными почвами – 2482 га или 59,2 % от общей площади очагов вредителя (рис. 1). Наибольшее ослабление еловых насаждений в данных условиях произрастания связано с большим дефицитом почвенной влаги в засушливые периоды.

Основная доля очагов короеда-типографа выявлена в ельниках IV класса возраста – 1711 га или 40,79 % от общей площади очагов вредителя. Значительная часть очагов (32,3 %) выявлена в V классе возраста. Насаждения данных возрастов наиболее благоприятны для развития типографа. Еловые насаждения в 80...100 лет достигают возраста естественной спелости и снижают устойчивость к неблагоприятным факторам среды и, прежде всего, к засухе (рис. 2).

В перестойных (VI–VII классы возраста) еловых насаждениях выявлено 207 га (4,95 %) очагов короеда. Данные насаждения наиболее благоприятны для развития типографа, поскольку они уже не способны противостоять неблагоприятным факторам и фактически являются резервациями вредителя. Небольшая площадь очагов типографа в ельниках данного возраста объясняется их небольшой долей на территории Брянской области (доля перестойных еловых насаждений составляет 0,4 % от площади всех ельников области).

Также очаги типографа были обнаружены в неспецифичных для данного вида вредителя средневозрастных ельниках – 474 га (11,3 % от общей площади очагов вредителя) и молодняках – 42 га (1,0 %) (рис. 2). В обычных условиях в еловых насаждениях такого возраста типограф имеет меньшую встречаемость и вредоносность. В период кульминации размножения типограф заселяет молодые и средневозрастные древостои, при недостатке кормового материала и высокой численности вредителя – расположенные вблизи спелых и перестойных насаждений с очагами вредителя.

Для насаждений всех классов возраста характерно преобладание средней степени повреждения лишь в молодняках. В нехарактерных условиях обитания типографа преобладает сильная степень поражения – 34,85 га, что составляет 0,8 % от общей площади очагов вредителя.

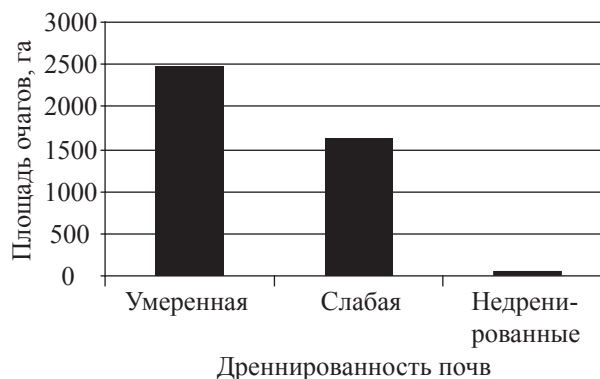


Рис. 1. Распределение площади обследованных ельников по дренажности территории, га

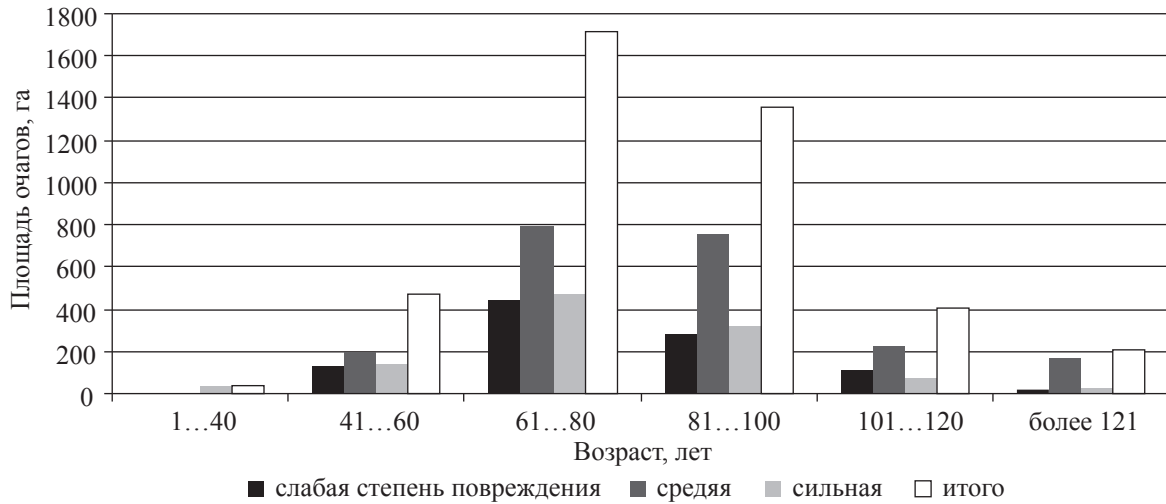


Рис. 2. Распределение площади очагов короеда-типографа в еловых насаждениях по классам возраста и степени поврежденности, га

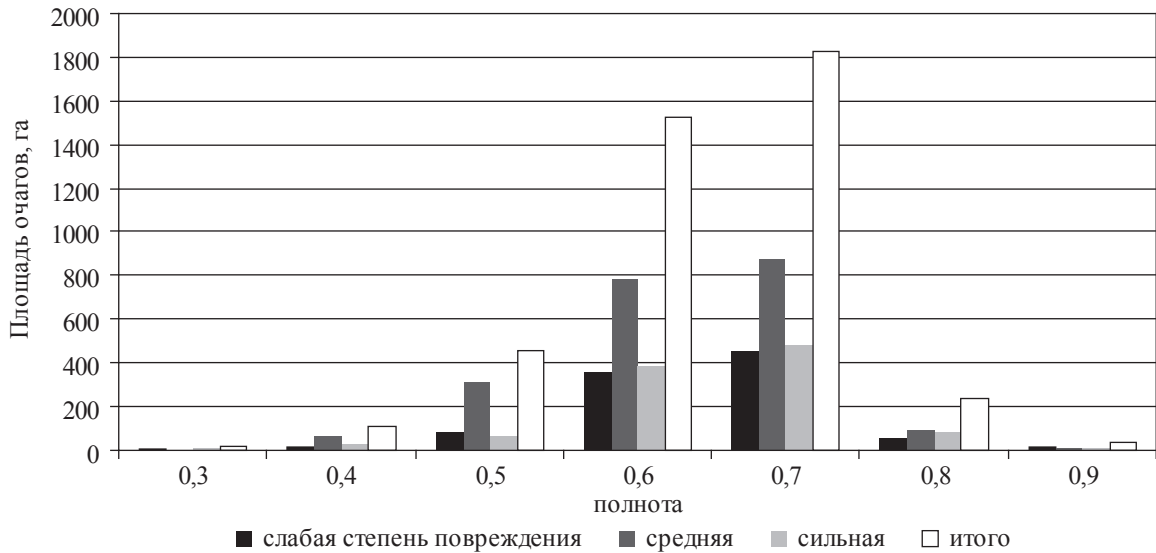


Рис. 3. Распределение площади очагов типографа в еловых насаждениях по полнотам и степени поврежденности, га

Анализ очагов типографа, выявленных в 2011 г., показал, что наибольшая доля очагов короеда отмечена в среднеполнотных (0,6–0,7) еловых насаждениях – 3347 га и 79,8 % от общей площади очагов вредителя. Это объясняется, с одной стороны, преобладанием среднеполнотных еловых насаждений в области, а с другой – относительно свето- и теплолюбивостью типографа, предпочитающего среднеполнотные насаждения (Маслов, 2010). В таких ельниках преобладают средняя степень повреждения древостоя – 1659 га (39,5 % от общей площади очагов вредителя) и сильная степень – 867 га (20,7 %) (рис. 3).

В высокополнотных (0,8–0,9) ельниках было выявлено 269 га очагов вредителя, что составляет всего 6,4 % от общей площади очагов вредителя. В данных условиях преобладает средняя степень поражения – 101 га (37,8 %).

В низкополнотных (0,3–0,5) ельниках очаги типографа выявлены на площади 578 га (13,8 % от общей площади очагов вредителя). При полноте насаждений 0,3 преобладает сильная степень поражения (рис. 3). Вероятно, в данных насаждениях термические условия в 2011 г. были наиболее благоприятны для развития короеда, что обеспечило его высокую выживаемость и численность.

Распределение площади очагов типографа в ельниках по доле участия ели в составе насаждения, га/ (% от общей площади очагов вредителя)

Доля ели в составе насаждения	Степень ослабления							
	Слабая		Средняя		Сильная		Итого	
	га	%	га	%	га	%	га	%
до 4 единиц	105,2	2,51	178,1	4,24	94,55	2,25	377,85	9,00
5–7	351,65	8,38	864,44	20,60	285,58	6,81	1501,67	35,79
8–10	228,6	5,45	310,61	7,40	317,81	7,57	857,02	20,42
Итого	685,45	16,34	1353,15	32,25	697,94	16,63	2736,54	65,22

Наибольшие площади очагов типографа были выявлены в кислично-зеленчуковом типе леса – 1792 га (42,7 % от общей площади очагов). В данном типе леса ель произрастает на относительно богатых почвах в условиях хорошей дренированности, что объясняет низкую адаптацию ельников к опусканию грунтовых вод в засушливые периоды. Содоминирующим типом леса по наличию очагов типографа является ельник черничник (717 га или 17,1 % от общей площади очагов). Здесь ель адаптирована к влажным условиям, и резкое изменение водного режима почв в период засухи дает негативный эффект.

Наибольшие площади очагов короеда-типографа выявлены в характерных для произрастания ельников типах лесорастительных условий С₃ – 2114 га (50,4 % от общей площади очагов вредителя) и С₂ – 676,35 га (16,1). Таким образом, ель, адаптированная к промывному типу водоснабжения и произрастающая во влажных условиях, крайне неустойчива к изменению гидрологического режима почв в периоды длительных засух.

Наибольшие площади очагов типографа отмечены в насаждениях I класса бонитета – 3518 га (83,9 % от площади очагов вредителя или 5,5 % от площади еловых насаждений первого класса бонитета). Данный факт объясним преобладанием в области ельников первого класса бонитета (72 % ельников области произрастает по первому классу бонитета). В еловых насаждениях второго класса бонитета выявлены очаги типографа на площади 662 га, что составляет 2,6 % от площади ельников второго класса бонитета, в еловых насаждениях третьего класса бонитета – 14 га или 1,2 % от площади еловых насаждений третьего класса бонитета.

В насаждениях с преобладанием ели выявлено 2736 га очагов типографа (65,2 % от общей площади очагов). Наибольшая площадь очагов зафиксирована при участии ели в составе насаждения от 5 до 7 единиц – 1501 (35,8 %). Меньше всего очагов типографа выявлено в древостоях с участием ели в составе насаждения до 4 единиц – 377 га (9 %), что подчеркивает большую устойчивость смешанных насаждений (табл. 2).

Выводы

1. В 2011 г. в период кульминации размножения в еловых насаждениях Брянской области преобладали очаги типографа средней степени повреждения.

2. Основная доля очагов короеда-типографа развивалась в группе урочищ зандровые и моренно-зандровые равнины. В этой группе урочищ ельники произрастают на хорошо дренированных почвах в условиях промывного увлажнения за счет атмосферных осадков. Здесь ель наиболее чувствительна к опусканию уровня грунтовых вод, что позволило типографу, резко увеличив численность, стать самостоятельным фактором ослабления и усыхания ельников.

3. Наибольшие площади очагов короеда были выявлены в еловых насаждениях, произрастающих в урочищах слабоволнистых междуречий, сложенных мощными песками и супесями.

4. Основная доля очагов короеда-типографа выявлена в еловых насаждениях с участием ели в составе насаждения от 5 до 7 единиц, IV и V классов возраста; в среднеполнотных ельниках (0,6...0,7), в кислично-зеленчуковом типе леса.

5. Еловые насаждения, произрастающие в типе лесорастительных условий C_2-C_3 , оказались наиболее заселены короедом.

Библиографический список

1. Маслов, А.Д. Короед-типограф и усыхание еловых лесов / А.Д. Маслов. – М.: ВНИИЛМ, 2010. – 138 с.
2. Маслов, А.Д. Состояние и динамика очагов размножения короеда-типографа в Центральной России в 2010 и первой половине 2011 / А.Д. Маслов, А.И. Комарова, А.С. Котов // Лесохозяйственная информация. – 2011. – № 3. – 39–46 с.
3. Маслов, А.Д. Стволовые вредители леса / А.Д. Маслов, Ф.С. Кутеев, М.В. Прибылова. – М.: Лесн. пром-ть, 1973. – С. 1–2.
4. Мозолевская, Е.Г. Особенности развития вспышки массового размножения короеда-типографа в ближнем Подмосковье / Е.Г. Мозолевская, В.А. Липаткин // Лесное хоз-во. – 2003. – № 1. – 31–33 с.
5. Руководство по планированию, организации и ведению лесопатологического мониторинга. – М., 2007. – 114 с.
6. Руководство по планированию, организации и проведению лесопатологических обследований. – М., 2007. – 47 с.
7. Шелуха В.П. Отчеты по НИР / В.П. Шелуха. – 2010, 2011 г.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ВОДОЕМОВ В ПОДМОСКОВЬЕ

Е.Д. САБО, *проф. каф. почвоведения МГУЛ, д-р. техн. наук,*
В.Н. КАРМИНОВ, *доц. каф. почвоведения МГУЛ, канд. с-х. наук,*
В.В. КОРОВИН, *проф. каф. селекции, генетики и дендрологии МГУЛ, д-р биол. наук*

caf-soil@mgul.ac.ru

Подмосковье издавна славилось обилием и разнообразием водоемов. Последние создавались на территории дворянских и помещичьих усадеб, при монастырях и храмах, а также на общинных землях крестьян. Разнообразие водоемов определялось как природными особенностями различных территорий, так и замыслами архитекторов и строителей. По количеству преобладали плотинные водоемы (пруды), создаваемые на реках и ручьях. В то же время было немало копаных водоемов (копаней) и комбинированных (прудо-копаней).

О размахе гидротехнического строительства в XVIII–XIX вв. говорят, например, такие факты: на реке Городня на протяжении от Бутова до реки Москва было построено около 45 водоемов, 40 из которых сохранились до наших дней. В Измайловской вотчине, которую уже в то время называли «Академией сельского хозяйства России» было построено более 50 водоемов и т. д.

Водное питание водоемов основывалось на использовании преимущественно поверхностного стока, но частично использовались и подземные воды, особенно там, где они залежали близко к поверхности или изливались на поверхность земли в виде ис-

точников (родников). Последний вид широко использовался как крестьянскими общинами, так и отдельными землевладельцами.

Использование водоемов было самым разнообразным: рыбозаводство, рекреация, разнообразие ландшафта, орошение садов и огородов, бытовое водоснабжение, энергетика на базе водяных турбин, охлаждение агрегатов промышленного производства и т. д.

Продолжалось гидротехническое строительство и в советское время, когда водоемы служили местом отдыха трудящихся, выполняя одновременно ландшафтные, технические и технологические функции.

Не имеет смысла говорить о том, что в XVIII в. водные источники подбирались исключительно чистые. Загрязненные воды могли использоваться лишь в промышленном производстве.

Прошли десятилетия и даже столетия, строительство и реконструкция водоемов продолжают, а вот с экологией дело обстоит не так благополучно, как это было в начальный период.

Условия Подмосковья отличаются большим разнообразием, и поэтому рассмотрение экологических аспектов создания водоемов

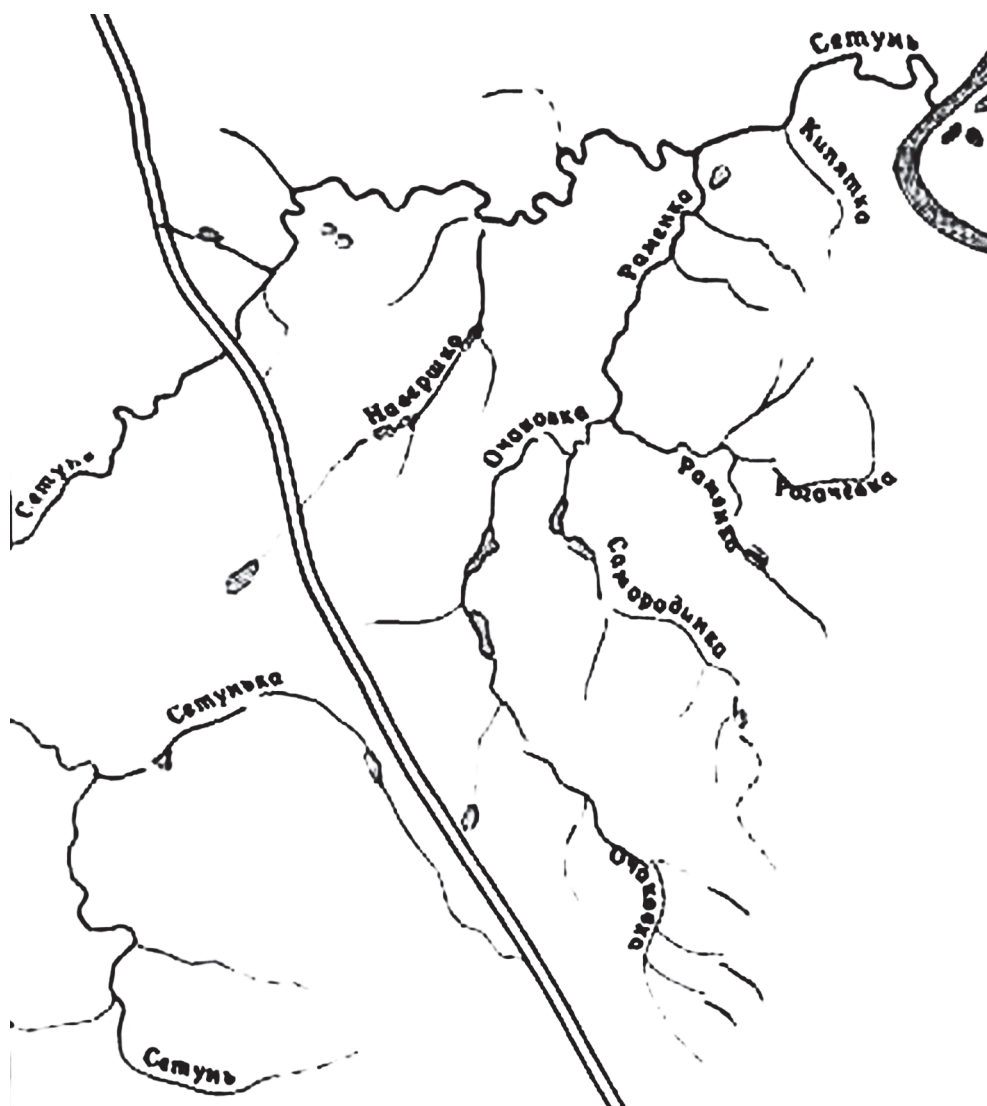


Рисунок. Река Сетунь с притоками

на современном этапе нуждается в конкретной «точечной» привязке. В качестве примера ниже будут рассмотрены условия в средней части реки Сетунь, недалеко от МКАД.

Общая характеристика р. Сетунь. Сетунь – река на западе Москвы, крупнейший правый приток Москвы-реки (рисунок). Длина 38 км. В черте Москвы – около 20 км в сохранившейся долине и естественном открытом русле. Площадь бассейна 190 км². Средний расход воды 1,33 м³/с. Берет начало из пруда в деревне Саларьево Московской области, протекает через Солнцево (около 6 км), пересекает МКАД в районе Сколковского шоссе, затем Аминьевское шоссе, Минскую улицу и впадает в Москву-реку ниже Краснолужского моста, напротив Новодевичьего монастыря. Принимает справа Румянцевский ручей

(который иногда считают истоком Сетуни), Сетуньку, Троекуровский ручей, Натошенку, Раменку и Кипятку. Глубокая и широкая древняя долина Сетуни отделяет Татаровские высоты и Поклонную гору от Воробьевых гор и остальной части Теплостанской возвышенности. Участок долины Сетуни в Матвеевском лесу, объявленный в 1991 г. памятником природы, характеризуется живописными липняками и ивняками (часть Матвеевского леса занимает бывшая «ближняя» дача И.В. Сталина). В пойме Сетуни – декоративный пруд (площадь 1,6 га) и многочисленные родники (в том числе Лешин). В реке обитают плотва, окунь, карась, щука и др.; сохранились места нереста и зимовки рыб. Однако Сетунь не имеет рыбохозяйственного значения, так как вода сильно загрязнена нефтепродуктами, со-

лями тяжелых металлов, хлоридами и др. В устье находятся очистные сооружения.

Гидроморфологическое описание р. Сетунь. Река Сетунь берет начало на Среднерусской возвышенности и является правым притоком р. Москвы. Она впадает в нее на 184 км от устья. Длина реки от истока до расчетного створа 11 км при площади водосбора 90 км кв. Средний уклон водотока 3, 11 ‰, залесенность 62 ‰, озерность 1,04 ‰.

Участок изысканий расположен в 1,0 км выше пос. Заречье, на излучине реки Сетунь. Долина реки на участке изысканий V-образная, шириной около 300 м. Левый берег пологий, переходящий в пойму реки, правый берег крутой (до 30°).

Река Сетунь имеет хорошо выработанную пойму. Левая пойма, шириной 90–100 м, занята луговой растительностью и частично заболочена, а вдоль всего берега р. Сетунь растут деревья и кустарник. Отметки ее изменяются от 143,24 м до 144,50 м.

Правая пойма, шириной 10–15 м, заросшая кустарником и ольховым лесом, плавно переходит в крутой склон долины. Отметки ее изменяются от 142,3 м до 144,5 м. Склоны долины и поймы сложены тяжелыми суглинками. Русло р. Сетунь захлавлено упавшими деревьями. Ширина русла по берегам от 6 до 12 м. Берега крутые, от 0,5 до 1,1 м высотой.

Во время рекогносцировочного обследования были проведены промерные работы и измерен расход воды ($Q = 6,13 \text{ м}^3/\text{с}$) при уровне 142,8 м (Балтийская система высот). Расход воды измерен при дождевом паводке. На участке изысканий русло слабо извилистое с глубиной 1,25–1,5 м, дно песчано-илистое.

Характеристика гидрологического режима р. Сетунь. Естественный уровенный режим р. Сетунь в районе изысканий находится вне подпора реки Москвы. Режим уровней характеризуется четко выраженным высоким половодьем, дождевыми паводками и устойчивой продолжительной зимней меженью.

Подъем уровня половодья начинается обычно на реках Центрального района, к которому относится р. Сетунь, 5–15 апреля. Ранние сроки начала весеннего половодья опережают средние на 15–20 дней. Поздние сроки начала

подъема уровня запаздывают по сравнению со средними на 10–15 дней. Подъем уровня воды во время половодья происходит быстро с интенсивностью 20–25 см в сутки, продолжительность его составляет в среднем одну треть общей продолжительности половодья. Наивысшие уровни весеннего половодья наблюдаются в 3-й декаде апреля – первых числах мая.

Спад весеннего половодья происходит менее интенсивно, чем подъем. Весеннее половодье сменяется периодом низких уровней воды – летне-осенней меженью.

Низкие уровни в период открытого русла наступают преимущественно в июле–августе. Ранние сроки низких уровней могут наблюдаться в мае сразу после окончания весеннего половодья. Летне-осенняя межень почти ежегодно нарушается дождевыми паводками, которые имеют островершинную форму и характеризуются резким подъемом и спадом уровня.

Первые ледовые явления на р. Сетунь наблюдаются в среднем во второй половине ноября в виде заберегов. Установление ледостава приходится на начало декабря. Зимняя межень характеризуется неустойчивым ледоставом. Наиболее низкие уровни наблюдаются в период интенсивного ледообразования в конце ноября–декабре.

Вскрытие приходится на начало апреля. Продолжительность ледохода 2–8 дней. Толщина льда в отдельные годы достигает 0,5 м. Ледоход периодичен, не интенсивен, совпадает с максимальным подъемом уровня воды или проходит на ее спаде.

Для получения сведений о максимальных расходах был использован метод расчета по действующему Своду Правил [1]. Для этого, прежде всего, была составлена матрица исходных данных на основе анализа картографических данных и натурных обследований (табл. 1).

С использованием приведенных данных был произведен автоматизированный расчет максимальных расходов весеннего половодья. Сводные, округленные результаты представлены ниже (табл. 2).

Оценка качества водных источников на предварительном этапе исследований. После

Матрица исходных данных для заполнения форм автоматизированного расчета максимальных расходов весеннего половодья

Показатели	Значение показателей при вероятности превышения, %							
	1	3	5	1	3	5	10	25
Целевая направленность расчетов	для ответственных гидротехнических сооружений			для всех прочих случаев				
Коэффициент С	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Озерность, $A_{оз}$, %	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Коэффициент n_2 в формуле залесенности	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Параметр α_1 в формуле залесенности	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Залесенность водосбора, A_z , %	30	30	30	30	30	30	30	30
Коэффициент β в формуле заболоченности	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Заболоченность водосбора, $A_б$, %	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Параметр дружности весеннего половодья, K_0	0,017	0,017	0,017	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
Расчетный слой стока вероятности превышения, h_p , мм	289	239	215	188	155	140	117	85
Вероятность превышения, P , %	1,0	3,0	5,0	1,0	3,0	5,0	10	25
Коэффициент неравенства статистических параметров, μ	1,00	0,97	0,96	1,00	0,97	0,96	0,93	0,90
Показатель степени редукции в формуле расхода, n_2	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Дополнительная площадь водосбора, A_1 , км ²	1	1	1	1	1	1	1	1
Площадь водосбора, A , км ²	103	103	103	103	103	103	103	103

Т а б л и ц а 2

Значение максимальных расходов половодья р. Сетунь в створе «Заречье–б» различной целевой направленности

Вероятность превышения максимальных расходов весеннего половодья, %	Максимальный расход, м ³ /с при целевой направленности	
	для ответственных гидротехнических сооружений	для всех прочих случаев
1	97	63
3	78	50
5	69	45
10	не определялся	36
25	не определялся	26

принятия решения об использовании водных источников возникла необходимость прежде всего оценить качественные показатели воды различного происхождения.

Единовременно (18–25 мая 2010 г.) были отобраны образцы воды методами, рекомендованными Испытательной лабораторией ООО ЦСЭМ «Московский», в том числе и в стерильную посуду, предоставленную Испытательной лабораторией.

Анализы производились как для определения химических, так и микробиологических показателей. При этом надо учесть, что микробиологические показатели опреде-

лялись во второй половине мая, когда температура воздуха (а отчасти и воды) достигла значительных отметок. При этом световой режим был достаточно благоприятным (чистое небо и иногда небольшие перистые облака).

При анализе результатов все показатели (по видам анализов) были разделены на две принципиально различные группы: на те, где показатели не превышали ПДК (т.е. благополучные), и те, где показатели были выше ПДК (которые представляли опасность для бытового водоснабжения, рекреации и рыбозаведения).

В приводимых ниже табличных материалах акцент сделан на показатели, превы-

Химические показатели, по которым отмечено превышение ПДК (18–25 мая 2010 г.)

Наименование показателя	Единица измерения	Показатели по источникам воды			ПДК	Примечания
		река	водоем*	родник		
Цветность	град.	328	552	превышения нет	20	
Мутность	ЕМФ	30,0	35,4	превышения нет	2,6	
Перманганатная окисляемость	мг О ₂ /л	7,7	10,2	превышения нет	5,0	
Железо	мг/л	0,94	3,20	превышения нет	0,3	
Фенолы	мг/кг	<0,005	<0,005	превышения нет	0,001	
Марганец	мг/л	0,406	0,798	превышения нет	0,1	
Взвешенные вещества	мг/л	32,2	36,4	превышения нет		
БПК–5	мг/л	2,9	5,2	нет данных	2,0	
Общая жесткость	мг-экв/л	–	7,6	превышения нет	7,0	

Примечание: *Водоем имеет смешанное водное питание

Уровни грунтовых вод и мощность водовмещающего горизонта по трассе дороги 2–7 апреля 2009 г.

№ скважины	Отметка устья, м БС	Уровень грунтовых вод, м	Мощность водовмещения горизонта, м	Примечания
2	144,95	1,80	7,0	До начала весеннего половодья
3	145,15	1,70	7,0	
6	143,05	2,50	5,3	
7	147,87	2,00	7,3	
8	145,05	3,30	6,0	

Микробиологические показатели, по которым отмечено превышение допустимого уровня НД (18–25 мая 2010 г.)

Наименование показателя	Единица измерения	Показатели по источникам воды			НД	Примечания
		река	водоем	родник		
Термотолерантные колиформные бактерии	КОЕ в 100 мл	25000	1400	9	100	Для питьевой воды недопустимы
Общие колиформные бактерии (ОКБ) индекс	КОЕ в 100 мл	25000	1400	9	500	Для питьевой воды недопустимы
Наличие колифагов (по фагу M2)	КОЕ в 100 мл	–	12	–	10	

шающие ПДК, т. к. дальнейшие рекомендации будут направлены или на снижение этих показателей до нормы, или просто на реально возможное снижение, или на рекомендации по недопущению того или иного вида использования воды.

Прежде всего, остановимся на химических показателях. Из общего количества анализов по 26 показателям только 9 показали превышение допустимой концентрации (табл. 3).

Анализ данных табл. 3 показывает, что по основным химическим показателям с пре-

вышением ПДК в самом неблагоприятном положении находится водоем. В нем вода более цветная и мутная, повышенная перманганатная окисляемость, повышенное содержание железа и марганца и т. д. Такое положение объясняется рядом причин: малым водообменом (застой воды), наличием большого количества органических веществ (дерева, кустарники, животные), а также хозяйственной деятельностью (строительство, работа механизмов и др.).

К сожалению, количество химических анализов по воде из родника оказалось огра-

ническим (6 шт.) в результате перерасхода образцов и прекращения дальнейших работ в этом направлении.

Еще одним существенным фактором, влияющим на химические свойства воды, особенно водоема, является достаточно мощный (1,0–2,2 м) слой техногенных отложений, содержащих песок, щебень, асфальт и ряд других компонентов.

Иными словами, рассматриваемая территория долгое время использовалась как свалка остатков строительных и иных материалов и веществ со всеми вытекающими отсюда последствиями. Это положение усугубилось близким уровнем грунтовых вод (табл. 4).

Из данных табл. 4 видно, что в ряде мест грунтовые воды находятся достаточно близко от поверхности земли (1,7–3,3 м) даже в период до наступления весеннего половодья. Это говорит о том, что в период половодья и после него возможен подъем уровня грунтовых вод до уровня поверхности земли и даже выше.

В более ранний период, когда еще не был отсыпан техногенный слой (1,0–2,2 м), выклинивание грунтовых вод на поверхность было, очевидно, далеко не редким явлением, о чем, в частности, свидетельствуют сохранившиеся до сих пор следы этого явления. Одним из мест такой разгрузки подземных вод вполне могла стать зона ручья естественного водоема.

Второй группой анализов были микробиологические (табл. 5). Принцип подхода тот же – обратить основное внимание на показатели, превышающие НД (допустимая норма).

Из материалов табл. 5 видно, что в микробиологическом отношении наименее загрязнены подземные воды (воды родника). Поэтому при решении вопроса о водном питании водоема предпочтение следует отдавать грунтовым водам при условии их предварительного анализа.

Библиографический список

1. СП–33–101–2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Госстрой России, 2004. – 178 с.
2. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы. СанПин 2.15.980-00. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования по охране поверхностных вод. – М., 2000.
3. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы СанПин 2.14.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М., 2005.
4. Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование Российской Федерации. Технические нормативы ГН 2.1.5.1316-03. Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого культурно-бытового водопользования. – Москва, 2005.

ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА И БЕРЕГОРАЗРУШЕНИЕ В ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А.В. ЗАХАРОВ, *асп. каф. управления природопользованием и лесозащиты МарГТУ*,
И.А. АЛЕКСЕЕВ, *проф. каф. управления природопользованием и лесозащиты МарГТУ, д-р с.-х. наук, профессор, академик МАНЭБ и ИТА ЧР*,
О.Н. ГУСЕВА, *асп. каф. управления природопользованием и лесозащиты МарГТУ*

w-x-x-w@ya.ru

Строительство крупных гидроэлектростанций на равнинных реках с густо заселенными берегами сильно изменяет социальную и природную среды. Происходит непредсказуемый процесс берегоразрушения, изымаются из хозяйственного оборота земельные и лесные угодья, выявляются оползневые явления. На луговых растениях развиваются

опасные болезни типа фузариоза (*Fusarium graminearum*), спорыньи (*Claviceps purpurea*), головни (*Tilletia secalis* K.) и других. Резко снижается пастбищная ценность выгонов.

Управление водохранилища (филиал ОАО «ГидроОГК») претендует на новые лесные земли для формирования береговой охранной зоны, не занимается берегоукреплени-

ем путем строительства дамб вокруг низин с плодородными сельскохозяйственными и лесными угодьями, посадкой берегоукрепляющих деревьев, берегоочисткой, защитой берегов от оврагообразования. Мероприятия по ликвидации или ослаблению неблагоприятных последствий, вызываемых подтоплением лесов, берегоразрушением, отчуждением отодвигаемых в глубь суши зон охраны прибрежной полосы, должны разрабатываться заблаговременно, до создания водохранилищ.

По указанным причинам необходимость проведения систематического мониторинга по берегам водохранилища вполне обоснована. При мониторинге прибрежных лесов Чебоксарского водохранилища проводилось слежение по многим направлениям, относящимся к негативному влиянию подтопления на природную среду.

Подтопление водами водохранилища, даже на современном неполном (то есть ниже проектного) уровне, охватило не только срубленные под ложе водохранилища (до метки 68 м) леса, но и значительно выше. На правом берегу оно распространилось до отметки 90 м над уровнем моря. На левом берегу, сложенном водофильтрующими почвами флювиогляциальных денудационных отложений, подтопление не вклинивается высоко, но проявляется мозаично. Оно подпитывает карстовые озера Марийской низины, обеспечивая им стабильно высокий уровень, что повлияло на состояние болотных систем, лесопатологическое состояние подтапливаемых насаждений [1, 4].

Берегоразрушение как на левом, так и на правом берегу продолжается со стабильной скоростью. Эрозионные процессы на правом берегу не сдерживаются береговой защитной полосой. Развиваются оползневые процессы, уничтожающие не только задернелые склоны, но и древесную растительность. Это указывает на необходимость строительства инженерных защитных сооружений. Берегоразрушение на левом берегу проявляется мозаично. Там, где водная поверхность не прерывается островными лесами, песчаный берег легко рушится. Вода в левобережные леса проникает не только через песчаные отложения, но и останцы. Поэтому в Волжском лесничестве Республи-

ки Марий Эл площадь заболоченных лесов за годы работы ГЭС увеличилась в 4 раза [2].

На правом берегу водохранилища процесс берегоразрушения волновым процессом изучался в кварталах 1–5 Дубравного уч. лесничества Руткинского лесничества, по открытым местам вблизи населенных пунктов Горно-Марийского района: Шунангер, Шартнейка, Юльялы, Емангаши, Сумки, Токари.

В районе береговой линии (от г. Васильсурска Нижегородской области до с. Емангаши) были проведены исследования склонов и участков прибрежных насаждений. Леса прибрежной защитной полосы расположены в оползнеопасной зоне по крутому склону. Максимальная высота над уровнем моря составила 173 м, расположена в 130 м от уреза воды Чебоксарского водохранилища. Средняя крутизна склона 25°, что характеризует высокий базис эрозии почвы и высокую опасность оползнеобразования. Поэтому на протяжении 16 км береговой линии имеется 9 оврагов со средней глубиной 25 м и спадом высот на 10 м, что создает условия для вертикального размыва почвы тальми водами при небольшой площади водосбора.

Оползневые явления выявлены на протяжении береговой линии в 6 км. Выявлены два типа оползней. Первый тип относится к случаю, когда оползневая часть доходит до воды и водой размывается. На берегу остаются деревья, а грунт с корнями размывается и создается древесная захламленность берега. В целом на рассматриваемых объектах такой вид оползня за десятки лет существования водохранилища составил прибрежную захламленность на 1 км уреза воды 105 м³. На всем обследованном протяжении в 16 км – 1680 м³. Лежащая в воде древесина по составу представлена липой (65%), осинкой (12%), дубом (14%) и другими породами (9%). Уборка этого вида захламленности затруднена двумя факторами: невысоким качеством древесины и недоступностью для трелевки и вывозки.

Второй тип оползня связан со сползанием с крутого склона грунта на половину ширины прибрежной защитной полосы. При этом образуется почти горизонтальная терраса со сплошными деревьями и с влажной почвой.

Такие террасы, часто двойные, образовавшиеся на территории Дубравного лесничества, были выявлены на суммарном протяжении 2 км. Сигналом образования террас обоих типов служат наклонные стволы деревьев в сторону реки. Безусловно, такие стволы, имея смещенный центр тяжести, ускоряют образование оползня.

На пробных площадях обнаружено, что средняя ширина лесного окаймления составляет 100–150 м (нормативная 80 м), из них 12 м уже сползли в воду виде оползня.

Вследствие подтопления от водохранилища заметно ухудшается качество леса. Усыхает в основном дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) от поражения сосудистым микозом от грибов *Ophistoma roboris* на уровне слабой интенсивности выпадения породы, а также береза. После заполнения водохранилища отпад деревьев резко увеличился. Учет, проведенный на пробных площадях, показал, что средняя ширина выпавшей от оползня полосы составила 4–5 м, а древостои по истечении времени заполнения водохранилища изменили таксационную характеристику: в составе уменьшилась доля дуба и увеличилась – липы, ольхи черной (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.), ольхи серой (*Alnus incana* (L.)). Полнота в среднем снизилась на 0,1, запас растущего леса снизился на 50–80 м³/га, запас наличного (12–15 м³/га) и свежего (8–10 м³/га) отпада увеличился вдвое, что значительно превышает уровень естественного изреживания леса.

Адаптация древесных пород и лесного фитоценоза к условиям подтопления на правом берегу не происходит. При наличии наклонных деревьев с загнившими и поврежденными корнями опасность оползня из-за отсутствия кустарников при низкой полноте стала в два раза выше, чем даже при отсутствии лесной защитной полосы вдоль берега. Так, например, в 3-ем квартале Дубравного уч. лесничества оползни при наличии деревьев составили 50 м, а при их отсутствии – 25 м.

Администрации водохранилища (филиал ОАО «ГидроОГК») необходимо срочно проводить берегоукрепительные работы, потому что под угрозой оползней окажутся не только прибрежная защитная полоса, леса и поля, но и населенные пункты: Владимирское, Волна,

Шарнейка, Шунангер, а также культовые леса «кусото» и археологические объекты [3].

Известно, что абиотические факторы определяют условия заражения деревьев корневыми гнилями. К числу таких абиотических факторов относятся подтопления и затопления лесов на определенный период. В результате таких негативных воздействий деятельность корневой системы нарушается. Явно происходит болотообразовательный процесс на склонах, особенно на террасах оползня, с поселением типичных болотных растений, таких как таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.), молиния тростниковая (*Molinia arundinacea*), хвощ болотный (*Equisetum palustre* L.), калужница (*Caltha palustris* L.). Исчезают светолюбивые травянистые растения. Даже типичные в прошлом для дубрав этих склонов сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.) и копытень европейский (*Asarum europaeum* L.) стали встречаться редко.

Поражение растущих деревьев сосны раневыми грибами ксилофагами *Trichaptum abietinum* и *T. fusco-violaceum* объясняется наличием механических повреждений, которые зачастую вызваны буреломом и ветровалом, количество которых увеличилось пропорционально возросшей площади поверхности водохранилища, что способствует усилению юго-западного направления ветра. Такое же объяснение имеет и встречаемость деревоокрашивающих грибов. Остальные грибы-деструкторы распространением обязаны наличию застарелых сухобокостей и необранного сухостоя.

Распространению ксилофильной микофиты в зоне подтопления способствует нарушение правил ведения лесного хозяйства – остаются на лето заготовленная некачественная древесина и порубочные остатки. А также в лесах, созданных по очагам майского хруща, способами, препятствующими формированию лесной среды. При подтоплении создаются нормальные условия для развития грибов, вызывающих корневые гнили [4, 5].

Корневая гниль сосны, как и других пород, растущих на подтопленных склонах (даже на высоте 25 м от уреза воды водохранилища), связана с влиянием избытка влаги и обрыва корней при оползнеобразовательном процес-

се. В прибрежных лесах правобережья гибель деревьев сосны и ели от корневой губки, опенка не замечены. Несколько лучше чувствуют себя ольха черная (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.) и ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench). Из-за подтопления за весь период времени существования водохранилища в левобережье площади болотных черноольховых насаждений увеличились в 5 раз от Красностовского уч. лесничества Пригородного лесничества до Руткинского лесничества.

Основным возбудителем корневой гнили хвойных пород является поражение корневой губкой – грибом *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. Гриб относится к классу базидиомицетов, к группе гименомицетов. Вызывает пеструю ситовую (коррозионного типа) гниль. В зоне берегов водохранилища Чебоксарской ГЭС в хвойных лесах преобладает штамм патогенна «р», наиболее агрессивно проявляющий себя в отношении сосны. Штамм «s», поражающий ель, больше встречается в суходольных еловых лесах. Из сосен корневая губка сильно поражает сосну Банка (*Pinus banksiana* Lamb.), Веймутова (*Pinus strybus*), обыкновенную (*Pinus sylvestris* L.) и, несколько меньше, сибирскую (*Pinus sibirica*). У ели и пихты вызывает не только корневую, но и стволовую гниль.

Болезнь при первичном заражении распространяется от очагов заражения в разные стороны через контакты корней, образуя очаги усыхания. Также распространение болезни от больного дерева к непораженному происходит при активном участии корневых и стволовых вредителей: черного корнежила (*Hylastes ater* Paykull), большого соснового лубоеда (*Blastophagus piniperda*), черного соснового усача (*Monochamus galloprovincialis*), синей сосновой златки (*Phaenops cyanea*), серого длинноусого усача (*Acanthocinus aedilis* Linnaeus).

Стабильно сохраняющаяся высокая капиллярная кайма, связанная с нехарактерным подтоплением в условиях левобережья водохранилища, поддерживает инфекционный фон корневой губки в активном состоянии. По указанной причине из десяти заложенных пробных площадей в 1988 г. по активно действующим очагам усыхания к 2004 г. осталась с 50 % уцелевшими деревьями только одна. На

остальных пробных площадях с 200–250 растущими деревьями в начале опыта остались лишь несколько единиц сильно ослабленных деревьев, пораженных болезнями (таблица).

Из полученных данных видно, что в результате подтопления число деревьев на пробной площади неуклонно снижалось (на 35 %), вместе с ним и запас растущего леса (несмотря на увеличение возраста, высоты и диаметра), а отпады, напротив, значительно увеличивались (в ср. в 5 раз). Адаптация березы к условиям подтопления также прошла болезненно. Больше всего от подтопления выпадала береза повислая (*Betula pendula* Roth), а лучше сохранялась береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.). Выпавшие экземпляры более всего были повреждены березовой губкой (*Piptoporus betulinus* (Fr.) Karst.).

На большинстве пробных площадей усыхание шло в сторону склона к водохранилищу. Очаги усыхания вышли за пределы границ пробных площадей, и их пришлось списать. Связь их с подтоплением доказывается влажным типом зарастания, то есть растительные и грибные индикаторы развиваются в типичных влажных условиях. Первые признаки поражения и ослабления сосны обнаруживаются по уменьшению прироста по высоте, появлению укороченных побегов с короткой хвоей, которая зачастую осыпается раньше срока.

Производительность пораженных корневой губкой культур сосны в 30–40 лет в течение наших наблюдений снизилась до 50–100 м³/га, а при отсутствии поражения вне зоны подтопления они имели запас 250–280 м³/га. Следует также отметить, что пораженные гнилями деревья, из-за увеличившейся акватории водной поверхности водохранилища, чаще стали подвергаться бурелому и ветровалу (на 30 %).

Патологически ослабленные насаждения охотно повреждаются стволовыми вредителями, что происходит в два этапа: весной и осенью. При образовании весеннего типа сухостоя интенсивность усыхания прогнозируется по обилию подгрызенных лубоедом в течение осени–зимы зеленых побегов. Их учет на пробных площадях мы проводили в течение марта–апреля. Поэтому можно заключить, что большой сосновый лубоед (*Blastophagus*

Динамика таксационно-лесопатологической характеристики древостоя березы естественного происхождения с 1982 по 2004 гг.

Показатели	Ед. изм.	Данные 1982 г.	Данные 1988 г.	Данные 2004 г.	Средние изменения за период наблюдения
Состав		10Б, ед Ос	10Б, ед. Ос	10Б	осина выпала
Возраст	Лет	32	38	54	–
Ср. высота	М	16.2	20.3	22.4	0.28
Ср. диаметр	См	18.1	22.7	26.4	0.29
Число деревьев	шт./га	1108	705	388	33
Запасы древесины					
Растущего леса	м ³ /га	234.9	260.8	210.3	–1.12
Наличного отпада		3.0	6.2	14.9	+0.504
свежего отпада		2.2	5.7	12.9	+0.491
годового отпада		0.72	1.9	5.0	+0.165

piniperda) является наиболее опасным вредителем сосны в условиях негативного влияния подтопления на сосновые леса. Усыхание при повреждении лубоедом продвигается в южном направлении.

Групповое усыхание деревьев в северном направлении, в освещенную сторону, характеризуется повреждением деревьев синей сосновой златкой (*Phaenops cyanea*). Деревья сосны перед усыханием от повреждения этим вредителем еще долго сохраняют густую зеленую крону[3, 6].

Прибрежные леса наиболее подвержены подтоплению, вследствие чего захламлены выше нормы в 3–10 раз. В сухие годы сосновые культуры с такой захламленностью являются исключительно пожароопасными. Заботу о противопожарном устройстве прибрежных защитных полос (100 м шириной) должна взять на себя администрация водохранилища (филиал ОАО «ГидроОГК»), чтобы избежать печальных последствий «жаркого лета» 2010 г. Необходимо срочно приступить по низменным берегам к посадке кустарниковых ив, переносящих длительное затопление. Ивы, в силу эластичности прутьев, амортизируют действие волн, а разветвленными мочковатыми корнями скрепляют грунт берега[2].

Тщательно рассмотрев поставленные вопросы путем многолетних наблюдений и сравнения результатов заложенных проб, следует отметить, что Чебоксарское водохранилище является глобальным антропогенным фактором, влияющим на большие пространства

Ветлужско-Унженской низины и Марийского низменного Заволжья. Проблема подтопления по-прежнему остается крайне актуальной, а берегоразрушение и ухудшение фитопатологической обстановки прибрежных насаждений возрастает с каждым весенним поднятием уровня воды. Крайне важно проводить своевременный полный мониторинг ГЭС и водохранилищ, чтобы не повторить трагическую участь Саяно-Шушенской ГЭС.

Библиографический список

1. Алексеев, И.А. Экологический мониторинг лесов берегов водохранилища Чебоксарской ГЭС: научн. отчет по теме № 063/02 / И.А. Алексеев, Ю.П. Демаков, А.В. Колесов. – Йошкар-Ола, 2002. – С. 98.
2. Рубцов, Н.Н. К вопросу создания защитных лесонасаждений в зоне водохранилища Горьковской ГЭС / Н.Н. Рубцов. – Горький, 1960. – 36 с.
3. Алексеев, И.А. Экологический мониторинг лесов по берегам Чебоксарского водохранилища: научн. отчет по теме 6-121-04 / И.А. Алексеев, Н.Н. Гаврицкова. – Йошкар-Ола. – 2004. – С. 62.
4. Алексеев, И.А. Грибные эпифитотии, связанные с подтоплением лесов водохранилища Чебоксарской ГЭС: тез. докл. 1-ой Всесоюзной конференции 22–25 октября 1991 г. / И.А. Алексеев, Г.Л. Бикеев, Е.М. Швецов // Проблемы лесопатологического мониторинга в таежных лесах европейской части СССР. – Петрозаводск. – 1991. – С. 9.
5. Алексеев, И.А. Лесоводственное обоснование ведения лесного хозяйства в водоохраных лесах: мат. совещания по повышению производительности лесов / И.А. Алексеев, Г.Л. Бикеев, Н.Н. Гаврицкова и др. – М.: 1990. – С. 105.
6. Алексеев, И.А. Учет пороков древесины на корню: учеб.-метод. пособие / И.А. Алексеев, Н.Н. Гаврицкова, И.П. Курненко. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1999. – С. 40.

КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕРЕВЬЕВ ПРИ РУБКАХ УХОДА

А.Ю. ЗАХАРОВ, *асп. каф. лесоводства и почвоведения Северного (Арктического) федерального университета, м.н.с. СевНИИЛХ,*

Г.А. ЧИБИСОВ, *проф. каф. лесоводства и почвоведения Северного (Арктического) федерального университета, д-р с.-х. наук*

andreyzaharov29@yandex.ru

При ведении хозяйственной деятельности в лесу, в том числе при рубках ухода, приходится различать деревья по некоторым признакам. Для отбора деревьев необходимы определенные критерии их классификации.

Классификацией деревьев называют распределение на более или менее однородные группы по биологическим или хозяйственным признакам или тем и другим одновременно [1]. История лесоводства разных стран насчитывает более 300 подобных классификаций. Некоторые из них «прижились» на достаточно длительное время или используются до сих пор, а некоторые оказались «однодневками» и не нашли широкого применения в практике лесного хозяйства. Но все классификации отражали особенности дифференциации деревьев в древостое в соответствии с требованиями своего времени [2].

Немецкие лесоводы были «пионерами» в лесоводстве и всегда стремились к точности в определении деревьев, подлежащих изъятию и оставлению при рубках. Им принадлежит первая классификация, разработанная Зеебахом и Бурхардтом в 1843 г. Согласно ей деревья подразделялись на 6 классов: *I* и *II* классы – господствующие, *III* – умеренно господствующие, *IV* – едва господствующие, *V* – подчиненные с вершинами под главным пологом и *VI* класс – угнетенные деревья [3].

Наибольшую известность и распространение получила классификация австрийского лесовода Крафта, предложенная им в 80-х гг. 19 в., которая включала 5 классов, два из которых разделены на два подкласса. Она нашла применение в ряде стран, в том числе и в России, где была включена в «Наставление к уходу за лесом» Лесного департамента в 1897 г. [4]. Классификация эта была не лишена недостатков. Во-первых, применима лишь к чистым одновозрастным древостоям и не на всех возрастных этапах. Во-вторых, так же как и у предыдущих,

у нее отсутствуют качественные характеристики стволов [4]. Сначала немецкие лесоводы признали ее несовершенной для ухода за лесом, а позднее и российские. Проф. М.М. Орлов отмечал, что классификация Крафта устарела и должна выйти из употребления [3].

Позже в 1946 г. Гениг – немецкий лесовод – делил деревья на 5 классов: преобладающие, согосподствующие, отставшие в росте, отставшие, заглушенные [2]. Были и другие классификации, основным принципом (подходом) которых было разделение деревьев по господству и угнетению, но они не отражали качественных характеристик деревьев.

Новые классификации деревьев учитывали недостатки предыдущих и охватывали более широкий спектр показателей, нежели только положение дерева в пологе.

Согласно И.С. Мелехову [4], одним из первых швейцарских ученых Шеделиным была разработана классификация деревьев, которая выражалась в количественных показателях на основе десятичной системы. Он использовал такие показатели, как положение дерева в пологе, качество ствола и качество кроны с присвоением каждому дереву индексов в зависимости от характеристик. По его классификации дерево с индексом 111 будет самым лучшим, а дерево с индексом 433 – самым худшим по всем трем показателям. Его ученик Х. Лейбундгут создал «Классификацию деревьев ИЮФРО», которая давала качественную оценку дерева уже по 6 признакам. Таким образом, дереву присваивался шестизначный индекс для определения его качественных характеристик. Семизначный цифровой индекс был предложен А.И. Звиедрисом (1956 г.). Однако при использовании их методов, требовалось много времени и достаточно хорошая подготовленность исполнителя.

Со временем классификации деревьев то усложнялись, то упрощались. Некоторые

из них основывались на предыдущих, но имели несколько другой подход. Так, например, классификация В.Н. Нестерова, получившая название «классификация по росту и развитию» [4], и классификация прибалтийских лесоводов для отбора деревьев будущего по разнице биопотенциалов [5].

Специалистов всегда привлекали заложенные основы качественной классификации деревьев для быстрого отбора в рубку. Одна из последних – классификация А.В. Ерохина (2011) для отбора деревьев елового яруса при комплексных рубках в сосновых насаждениях. Он предлагает разделять деревья на три группы по толщине и на два класса по освещенности. В то же время в ней не учитываются такие качественные характеристики дерева, как высота, состояние ствола, состояние кроны и т.д., от которых зависит продуктивность древостоя.

В настоящее время в лесном деле Российской Федерации применяется хозяйственно-биологическая классификация с разделением деревьев на 3 категории: *I* – лучшие; *II* – вспомогательные; *III* – нежелательные [7]. Ее достоинством является то, что для отнесения дерева в определенную категорию учитывается сумма хозяйственных и биологических признаков, на необходимость учета которых указывал Н.П. Георгиевский [1]. Однако при диагностике деревьев в пределах каждой из трех категорий, как правило, используются дополнительные признаки других классификаций (Крафта, Нестерова и т.д.) [4].

Для отбора деревьев будущего при рубках ухода предложена (Программы рубок ухода за лесом на Европейском Севере, 1982; Чибисов, Вялых, Минин, 2004) классификация, основанная на оригинальном подходе Шеделина, которая была апробирована нами на опытных объектах. Согласно этой классификации деревья с наибольшей продуктивностью (деревья будущего) отбираются с учетом показателей качества кроны, ствола и характера роста. При этом качество кроны и ствола оценивается по трехбалльной системе (шкале), а роста – по четырехбалльной. В основу характеристики деревьев кладут следующие показатели: отношение диаметра к высоте (D/H – критерий нормальности по густоте), отношение длины

кроны к высоте ствола (L_k/H), отношение диаметра кроны к длине ее (D_k/L_k). Придержки в относительном выражении для деревьев с характеристикой 111: $D/H = 0,9 - 1,0$; $L_k/H = 0,4$; $D_k/L_k = 0,4$; для 222: $D/H = 1,1 - 1,2$; $L_k/H = 0,6$ и $0,3$; $D_k/L_k = 0,3$ и $0,5$; для 333: $D/H = 0,5 - 0,6$; $1,3$ и более; $L_k/H = 0,2$ и $0,7$ и более; $D_k/L_k = 0,2$ и $0,6$ и более.

Качество кроны поставлено авторами классификации на первое место в связи с тем, что оно является важнейшим показателем: высокопродуктивные деревья имеют развитый ассимиляционный аппарат и крону. Качество кроны обозначается индексами 100, 200, 300. Индекс 100 – крона хорошего состояния, компактная, равномерно развитая в стороны и по длине ствола, протяженность по длине ствола около 40 %, без механических повреждений, признаков повреждений и заболеваний; индекс 200 – крона более рыхлая, узкая, низкоопущенная с протяженностью по стволу более 60 % или широкая с протяженностью по длине ствола до 30 %; индекс 300 – крона плохого состояния, редкая, узкая, низкоопущенная по стволу более 70 %, или широкая высоко поднятая с протяженностью по длине ствола до 20 %.

Качество стволов характеризуется десятичными показателями: хорошее – 10, к ним относятся деревья с прямым и слабо искривленным стволом, одновершинные; удовлетворительное (среднее), занимающее промежуточное положение – 20, к ним относятся стволы среднеискривленные одновершинные и прямоствольные двухвершинные, плохое – 30, к ним относятся сильно и многократно искривленные и кустовидные.

Характеристика роста дается по следующим индексам: к индексу 1 относятся деревья *I* – *II* классов Крафта; к индексу 2 – *III* класса Крафта; к индексу 3 – *VI* класса; и к индексу 4 деревья *V* класса Крафта.

Наилучшее представление о качестве деревьев в древостое дает комплексная оценка по трем показателям, объединенным в один индекс. Каждому дереву присваивается комплексный индекс и дается качественная оценка, то есть к какой категории качества относится дерево, имеющее данный индекс (хорошее, среднее, плохое). При отнесении деревьев к

Распределение деревьев сосны по качеству после рубок ухода при разной густоте древостоя, %

№ пробы Густота, шт./га.	Показатели оценки									
	кроны			ствола			роста			
	100	200	300	10	20	30	1	2	3	4
<u>ПШ 15</u> 1500	20,2	69,4	10,4	35,2	56,0	8,8	36,3	34,7	20,7	8,3
<u>ПШ 16</u> 800	19,3	75,5	5,2	28,2	60,9	10,9	27,1	42,7	24,0	6,2
<u>ПШ 17</u> 600	18,4	74,3	7,3	21,8	62,0	16,2	20,1	52,0	21,8	6,1
<u>Контроль</u> 4907 / 3547*	2,8	21,1	76,1	8,3	21,1	70,6	14,6	18,4	26,6	40,4

* В числителе указано общее число стволов, а в знаменателе – число стволов сосны

категории качества по комплексным индексам принималось во внимание наличие хотя бы одного лимитирующего фактора с низким качеством оценки, так как ни один фактор (качество кроны, ствола и рост) не может быть взаимозаменяемым. К категории «хорошие» отнесены комплексные индексы 111, 112, 121, 211; к категории «средние» – комплексные индексы 122, 211, 221, 222; к категории «плохие» отнесены все остальные комбинации (323, 322, 333, 334 и т.д.). Деревья, отнесенные к категории «плохие», первые кандидаты на отпад при естественном ходе развития или же кандидаты на выборку при назначении очередного приема рубок ухода. При рубках ухода целесообразно оставлять лучшие деревья с комплексными индексами 111, 112, 121, 211, 221 [9].

Апробация этой классификации проводилась нами на пробных площадях, пройденных рубками ухода 23 года назад. Рубки ухода были проведены в 15-летних смешанных сосняках черничных послепожарного происхождения. Из сосново-березового насаждения сформировано чистое сосновое путем удаления всей лиственной части и оставления определенного числа стволов сосны на 1 га. На пробной площади № 15 было оставлено 1500 шт. стволов сосны на га, на пробной площади № 16 – 800 шт./га., на пробной площади № 17 – 600 шт./га., контроль включал около 4000 стволов на га.

Учет на пробных площадях с определением качественных характеристик каждого дерева проводился с целью установления ле-

соводственной эффективности рубок ухода. Распределение деревьев (в %) по качественным показателям кроны, ствола и качества роста на каждой пробной площади представлено в табл. 1.

На площадях с рубками ухода количество деревьев с хорошо развитой кроной в 6,5–7,2 раза, а деревьев, имеющих среднее качество кроны, в 3,5 раза выше по сравнению с контролем. Для деревьев, имеющих плохие показатели качества кроны, наблюдается обратная зависимость, на контроле их больше в 7,3–14,6 раз. Причем, такие деревья на контроле составляют 76 %, в то время как на площадях с рубками ухода их доля всего 5–10 % от общего числа деревьев.

Аналогичная ситуация наблюдается при распределении деревьев по качеству стволов. Количество деревьев с хорошими стволами в насаждениях, пройденных рубками ухода, превышает контроль в 2,6–4,2 раза, а со стволами среднего качества – в 2,6–2,9 раз. Данный показатель влияет на товарную структуру древостоя, поэтому можно сделать вывод, что качество сортиментов, полученных на рубочных площадях, будет заметно выше, чем на контроле, и обеспечит экономическую выгоду. В то же время незначительное увеличение количества деревьев со средним и плохим качеством стволов при уменьшении густоты связано с большей сучковатостью в связи с худшим очищением стволов от сучьев в комлевой части.

При объединении категорий роста «хорошая» и «средняя» в одну группу, кото-

Распределение деревьев по качеству на основе комплексного индекса, %

№ пробы, Густота, шт./га.	Категория качества деревьев		
	Хорошее	Среднее	Плохое
ПП 15 1500	29,50	39,70	30,80
ПП 16 800	19,20	45,90	34,90
ПП 17 600	16,80	46,30	36,90
Контроль 4907 / 3547*	9,20	12,90	77,90

* В числителе указано общее число стволов, а в знаменателе – число стволов сосны

рая представляет «деревья будущего», она составит около 70 % на площадях, пройденных рубками ухода, и около 30 % на контроле. Деревьев с плохой интенсивностью роста в насаждениях без рубок ухода в 2 раза больше, чем с рубками, что составляет 67 % и 27,9–30,2 % соответственно.

Наибольшую представленность среди деревьев плохого качества на рубочных площадях имеют особи с индексом 223, то есть деревья со средними по качеству кроной и стволом, но с ослабленным (замедленным) по каким-то причинам ростом. Количество деревьев с данным индексом на всех площадях с рубками ухода примерно одинаково – 10,9–12,3 %. Другие индексы, относящиеся к категории плохих, включают небольшой процент деревьев.

Контроль, в свою очередь, имеет наибольшую представленность деревьев с индексами 333 и 334 – самых плохих по качеству. В сумме на их долю приходится 65 % всех деревьев против 3,5–6,2 % тех же категорий на рубочных площадях.

Интересная закономерность наблюдается в распределении количества деревьев, относящихся к категории «хорошие» (индексы 111, 121, 211). С уменьшением густоты насаждения представленность деревьев с этими индексами снижается, что позволяет сделать вывод о лучшем росте деревьев при густоте в данном возрасте в пределах 800–1500 шт./га, по сравнению с контролем и интенсивным изреживанием.

В табл. 2 представлено распределение деревьев в насаждении по качеству на основе комплексного индекса.

Просматривается четкая закономерность уменьшения числа деревьев категории «хорошие» и увеличение категории «средние» с уменьшением густоты насаждений, пройденных рубками ухода. При повышении интенсивности рубок ухода и значительном разреживании древостоя происходит ухудшение качества ствола, связанное с разрастанием сучьев в комлевой части, и в то же время улучшается состояние кроны.

Количество деревьев категорий «хорошие» и «средние» на контроле, по сравнению с рубочными площадями, в 1,8–3,2 и в 3,1–3,6 раза меньше. Деревьев, относящихся к категории «плохие», в контрольном насаждении более 75 % от общего числа, что в 2,1–2,5 раза больше по сравнению с пройденными рубками насаждениями.

Распределение запаса древостоя на пробных площадях по категориям качества деревьев представлено в табл. 3.

Запас насаждений на площадях, пройденных рубками ухода, по сравнению с контролем составляет 122,5–164,5 %, причем, чем ниже густота, тем больше запас. Это связано с увеличением диаметров деревьев, в связи с большим световым и почвенным питанием, приходящимся на одно дерево. Однако с понижением густоты насаждения увеличивается запас деревьев, относящихся к категории «плохие», тогда как доля хороших и средних остается примерно одинаковой (58–64 м³/га). Процент запаса деревьев будущего (категория «хорошие» и «средние») в насаждениях с рубками ухода составляет 86,3 % на ПП 15; 76,7 % на ПП 16; 67,0 % на ПП 17, по сравне-

Распределение запаса древостоев по категориям качества на основе комплексного индекса, в числителе м³/га, в знаменателе %

№ пробы Густота, шт./га	Запас древесины по категориям качества деревьев			Общий запас, м ³ /га и % к контролю
	Хорошие	Средние	Плохие	
ПП 15 1500	28,3 39,8	33,0 46,5	9,7 13,7	71,0 122,5
ПП 16 800	17,4 23,0	40,8 53,7	17,6 23,3	75,8 131,0
ПП 17 600	13,8 14,5	50,0 52,5	31,4 33,0	95,2 164,5
Контроль 4907 / 3547*	11,4 19,7	20,0 34,6	26,5 45,7	57,9 100

* В числителе указано общее число стволов, а в знаменателе число стволов сосны

нию с 54,3 % деревьев этой же категории на контроле. Таким образом, после рубок ухода доля запаса деревьев категории «плохие» в 1,4–3,3 раза меньше, чем на контроле.

Резюмируя, можно сделать следующие выводы. При использовании классификации, предложенной Г.А. Чибисовым, Н.И. Вялых, Н.С. Мининим [9], можно легко произвести отбор деревьев на очередной прием рубок ухода. Она отражает как хозяйственные, так и биологические характеристики деревьев. Кроме того, классификация позволяет оценить качество древостоев, пройденных рубками ухода. Она четко показывает, что рубки ухода улучшают качественные характеристики дерева и насаждения в целом, что улучшает товарную структуру и влияет на экономическую привлекательность древостоев.

Библиографический список

1. Георгиевский, Н.П. Рубки ухода за лесом / Н.П. Георгиевский. – М.: Гослесбуиздат, 1957. – 151 с.
2. Парамонов, Е.Г. Основы лесоводства и лесопаркового хозяйства: учебное пособие / Е.Г. Парамонов, А.А. Маленко. – Барнаул: АГАУ, 2007. – 170 с.
3. Гуман, В.В. Рубки главного и промежуточного пользования / В.В. Гуман. – Л.: Сельхозгиз, 1931. – 260 с.
4. Мелехов, И.С. Лесоводство / И.С. Мелехов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 302 с.
5. Юодвалькис, А.И. Методы отбора деревьев будущего при рубках ухода / А.П. Баркаускас, Л.П. Скуодене, Р.В. Озолинчюс, В.В. Пятнюнас и др. // Информ. листок. Литовский научно-исследовательский институт лесного хозяйства. – Каунас, 1988. – 4 с.
6. Ерохин, А.В. Отбор деревьев при комплексных рубках в сосновых насаждениях с ярусом ели / А.В. Ерохин // Известия вузов. Лесной журнал. – 2011. – № 2. – С. 141–144.
7. Об утверждении Правил ухода за лесами: Приказ МПР РФ от 16 июля 2007 г. № 185: Зарегистрировано в Минюсте РФ 29 августа 2007 г. № 10069.
8. Чибисов, Г.А. Программы рубок ухода за лесом на Европейском Севере / Г.А. Чибисов, В.Н. Поротов. – Архангельский институт леса и лесохимии, 1982. – 28 с.
9. Чибисов, Г.А. Рубки ухода за лесом на Европейском Севере: Практическое пособие / Г.А. Чибисов, Н.И. Вялых, Н.С. Минин. – Архангельск, 2004. – 128 с.

РОЛЬ РАСЧЕТНОЙ ЛЕСОСЕКИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПРИНЦИПА НЕПРЕРЫВНОСТИ, НЕИСТОЩИТЕЛЬНОСТИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ

К.С. ПОГУЛЯЙ, магистрант каф. лесоустройства и охраны леса МГУЛ

valentina_sidulina@mail.ru

Заготовка древесины всегда характеризовалась рядом количественных и качественных показателей. Важными являются возраст рубки, величина расчетной лесосеки как нормы лесопользования. Современное

лесное законодательство, упразднив понятие рубки главного пользования, определило, что возрасты рубок устанавливаются для заготовки древесины определенной товарной структуры (часть 4 статьи 15 ЛК РФ) [1].

Основным критерием обоснования возрастов рубок остается возраст технической спелости на целевые сортименты деловой древесины. Возрасты рубок основных лесобразующих пород утверждены приказом Рослесхоза в 2009 г. Они установлены для каждого лесного района, субъекта РФ, лесничества и включаются в лесохозяйственный регламент лесничества.

В лесохозяйственной литературе расчетной лесосекой называется оптимальная норма главного пользования лесом, определяемая при лесоустройстве по лесхозам, исходя из принципа непрерывности и неистощительности лесопользования. Иногда в этой же литературе расчетная лесосека определяется также как максимально возможная норма ежегодной рубки для каждого объекта лесоустройства, обычно – лесхоза или арендатора.

Анализ статей Лесного кодекса РФ (2006) показал, что в нем есть лишь указание на то, что под расчетной лесосекой следует понимать допустимый объем изъятия древесины (статья 29 часть 4), который должен определяться в лесохозяйственном регламенте для каждого лесничества и лесопарка (статья 87 ЛК РФ). При этом лесное законодательство предусматривает, что лесохозяйственный регламент, в том числе и расчетная лесосека, утверждается органом исполнительной власти субъекта РФ. Эта принципиальная позиция Лесного кодекса РФ противоречит принципам классического лесоустройства, при котором расчетная лесосека определялась и устанавливалась только при проведении лесоустроительных работ и утверждалась федеральным органом лесного хозяйства.

Изучение вопроса организации рубок леса в период с 1930 по 1992 г. показало, что законодательством был закреплен переруб расчетной лесосеки. Так, в 1985 г. перерубы расчетной лесосеки по хвойному хозяйству в целом по Вологодской области составили – 117 %, Республике Карелия – 106 %, Костромской области – 109 %, Кировской области – 120 %, Пермской области – 102 %. Это привело к нарушению принципа непрерывности и неистощительности лесопользования за счет вырубки лучших по производительности насаждений.

Поэтому в ЛК РФ (2006) абсолютно правильно запрещается заготовка древесины в объеме, превышающем расчетную лесосеку, а также нарушение возрастов рубок. Таким образом, понятие «расчетная лесосека» применяется для целей нормирования заготовки древесины, так как запрещается заготовка в превышающем объеме.

Расчетная лесосека должна учитывать как распределение насаждений по классам возраста на момент расчета, так и увеличение площади, например, хвойных насаждений в процессе их развития, что делает необходимым производить расчет на оборот рубки.

В настоящее время расчетная лесосека должна исчисляться в соответствии с требованиями приказа Рослесхоза от 27.05.2011 № 191 «Об утверждении Порядка исчисления расчетной лесосеки».

Рослесхоз в рассматриваемом нормативном правовом акте существенно дополняет это определение. Расчетной лесосекой предложено считать допустимый ежегодный объем изъятия древесины в эксплуатационных и защитных лесах, обеспечивающий многоцелевое, рациональное, непрерывное, неистощительное использование лесов, исходя из установленных возрастов рубок, сохранения биологического разнообразия, водоохраных, защитных и иных полезных свойств лесов.

Приказом Рослесхоза предусмотрено определение следующих расчетных лесосек: равномерного пользования; первая возрастная; вторая возрастная; интегральная.

Расчетная лесосека должна исчисляться по каждому лесничеству и лесопарку отдельно для эксплуатационных и защитных лесов по хозяйствам с распределением общего объема допустимого ежегодного изъятия древесины для каждого хозяйства по преобладающим породам. Необходимо подчеркнуть, что если ранее расчетная лесосека утверждалась по хозяйствам (хвойное, мягколиственное, твердолиственное), то в настоящее время она устанавливается и утверждается по преобладающим породам. Данная позиция обеспечивает усиление принципа непрерывности, неистощительности лесопользования не обезличенно, а по конкретной преобладающей породе, что, несомненно, будет

Принципы определения расчетной лесосеки по сплошным рубкам главного пользования на различных этапах развития лесоустройства

№	Нормативно-правовой документ	Расчетная лесосека по сплошным рубкам главного пользования	Принципы определения расчетной лесосеки
1	Инструкция для устройства казенных лесов 1845 г. Разработчик Ф.К. Арнольд.	Нормальная лесосека	Частное от деления всей введенной в расчет хозяйства площади лесной дачи на принятый для нее оборот рубки.
2	Инструкция для устройства казенных лесов 1888 г. Разработчик Ф.К. Арнольд.	Нормальная лесосека	Частное от деления покрытой лесом площади, а также площади необлесившихся вырубков последнего десятилетия на принятой для дачи или хозяйственной части оборот рубки.
		Лесосеки по состоянию насаждений. Аналогична понятию 2-й возрастной.	Частное от деления площади, занятой насаждениями двух (при обороте 100 лет и ниже) или трех (при обороте свыше 100 лет) старших классов возраста, на число лет в этих классах (т.е. на 40 или 60 лет)
3	Инструкция для устройства, ревизии лесоустройства и исследования казенных лесов 1914 г [2]. Разработчики А.Ф. Рудский, М.М. Орлов.	Нормальная лесосека	Аналогично п. 2.
		Лесосека, соответствующая возрастам насаждений. Аналогична понятию 1-й возрастной.	Частное от деления площадей двух последних, в пределах принятого оборота рубки, классов возраста на продолжительность этих классов. Насаждения старше оборота рубки включаются в последний в пределах оборота класс.
		Лесосека по состоянию насаждений	Частное от деления площади насаждений, которые по своему возрасту и состоянию требуют рубки, на продолжительность ревизионного периода.
4	Инструкция для устройства, ревизии устройства и лесоэкономического обследования общегосударственных лесов РСФСР 1926 г [3]. Разработчик М.М. Орлов.	Нормальная лесосека	Аналогично п. 2.
		Лесосека, соответствующая возрастам насаждений. Аналогична понятию 1-й возрастной.	Частное от деления площадей двух последних, в пределах принятого оборота рубки, классов возраста на продолжительность этих классов. Если продолжительность последнего, в пределах оборота рубки, класса возраста меньше нормальной величины класса, то берется площадь трех последних классов и делится на их продолжительность. Площадь насаждений старше оборота рубки включается в пределах оборота класса
		Лесосека по состоянию насаждений	Аналогично п. 3.
5	Инструкция по устройству и обследованию лесов государственного значения СССР 1952 г [4]. Разработано ВО Леспроект.	Лесосека по спелости	Частное от деления суммы площадей и запасов спелых и перестойных насаждений на расчетный период продолжительностью в один класс возраста
		Лесосека по возрасту	Частное от деления суммы площадей припевающих, спелых и перестойных насаждений на расчетный период продолжительностью в два класса возраста.
		Лесосека по среднему приросту	Частное от деления запаса этой лесосеки на средний запас на 1 га эксплуатационного фонда. При этом запас определяется как сумма средних приростов по всем классам возраста.
		Лесосека по состоянию	Аналогично п. 3.

№	Нормативно-правовой документ	Расчетная лесосека по сплошным рубкам главного пользования	Принципы определения расчетной лесосеки
6	Методика расчета размера лесопользования в лесах государственного фонда СССР 1968 г. Разработано Гослесхозом СССР.	Лесосека равномерного пользования	Аналогично п. 2.
		Вторая возрастная лесосека	Аналогично п. 7.
		Первая возрастная лесосека	Аналогично п. 7.
		Лесосека по состоянию	Аналогично п. 3.
7	Методика определения расчетной лесосеки по рубкам главного пользования в лесах государственного значения СССР 1987 г. Разработано Гослесхозом СССР.	Лесосека равномерного пользования (L_p)	$L_p = F/U$
		Первая возрастная лесосека ($L^1_{воз}$)	$L^1_{воз} = (F_{пр} + F_{сп.и пер.})/2K$
		Вторая возрастная лесосека ($L^2_{воз}$)	$L^2_{воз} = (F_{сп} + F_{пр} + F_{сп.и пер.})/3K$
		Интегральная лесосека ($L_{инт}$)	При 20-летних классах возраста – $L_{инт} = (0.2 F_m + 0.6 F_{сп}^1 + F_{сп}^2 + 1.4 F_{пр} + 1.8 F_{сп.и пер.}) \cdot 0.01$; при 10-летних классах возраста – $L_{инт} = (0.4 F_{сп}^1 + 1.2 F_{сп}^2 + 2.0 F_{сп}^3 + 2.8 F_{пр} + 3.6 F_{сп.и пер.}) \cdot 0.01$; где F – покрытая лесом площадь, $F_{сп.и пер.}$ – площадь спелых и перестойных насаждений, $F_{пр}$ – площадь приспевающих насаждений, $F_{сп}$ – площадь средневозрастных насаждений, включенных в расчет, $F_{сп}^1$ – площадь первого класса средневозрастных, $F_{сп}^2$ – площадь второго класса средневозрастных, $F_{сп}^3$ – площадь третьего класса средневозрастных насаждений, ближайшего к приспевающим, U – возраст рубки, K – продолжительность класса возраста
Лесосека по состоянию	Аналогично п. 3.		

способствовать повышению эффективности лесопользования и ведения лесного хозяйства.

Исчисление расчетной лесосеки осуществляется отдельно для проведения сплошных рубок, выборочных рубок спелых и перестойных лесных насаждений, средневозрастных, приспевающих, спелых, перестойных лесных насаждений при вырубке погибших и поврежденных лесных насаждений, уходе за лесом (за исключением молодняков первого класса возраста) на основании данных лесоустройства, государственного лесного реестра или специальных обследований лесов.

Учитывая изложенное, можно сделать вывод, что в современном лесном законодательстве сохранены классические принципы определения расчетной лесосеки.

В таблице представлена информация об основных принципах определения расчетной лесосеки по сплошным рубкам главного пользования на различных этапах развития лесоустройства России.

Принципы определения величины сплошных рубок главного пользования были и есть важнейший вопрос на всех этапах развития отечественного лесоустройства. Начиная с инструкции для устройства казенных лесов 1845 г. и до 1882 г. лесоустройство при определении величины главного пользования использовало только одну лесосеку – нормальную. Нормальная лесосека определяется как частное от деления всей площади лесной дачи на принятый для нее оборот рубки.

Стремление учесть особенности возрастного строения лесов в 80-х гг. 19 в. привело к внесению в нормальную лесосеку корректив на возрастное распределение древостоев.

Ф.К. Арнольд при разработке лесоустroительной инструкции 1888 г. ввел в дополнение к нормальной лесосеке лесосеку по состоянию насаждений в устраиваемой даче. Инструкция 1888 г. устанавливала, что при правильном отношении площадей насаждений по классам возраста в рубку назначается ежегодно площадь, равная нормальной лесосеке. При преобладании в даче спелых древостоев размер ежегодного пользования увеличивается по сравнению с нормальным. Лесосека по состоянию, введенная в практику лесоустройства в 1888 г., применяется и в настоящее время. При этом независимо от тех или иных требований, предъявляемых в разное время к лесоустройству, только лесосека по состоянию отражалась в каждом нормативно-правовом документе на протяжении 110-летнего периода. Начиная с 1908 г. лесосека по состоянию стала называться лесосекой, соответствующей возрастам насаждений [5], а с 1968 г. – первая возрастная лесосека.

До 1967 г. в нормативных документах отсутствовало понятие лесосеки равномерного пользования (нормальной лесосеки). Оно было введено в практику лесоустройства только в 1968 г. и действует в настоящее время. В течение почти 40 лет абсолютно доминирующее положение как в теории, так и в практике решения вопросов организации лесопользования занимал лесопромышленный комплекс. Именно он, а не лесное хозяйство, диктовал правила и условия не только в лесопользовании, но и в лесоуправлении. В это время теоретически обосновывается и формируется на государственном уровне понятие временно действующих лесозаготовительных предприятий, отвергаются принципы непрерывности и постоянства лесопользования. Для реализации этой идеи вводится расчетная лесосека по спелости [6]. В целом лесная политика, лесное законодательство и лесоуправление советского периода находились под давлением государственного монополизма в сфере управления народным хозяйством. Го-

сударство продолжало вести внутреннюю и внешнюю политику, принося лесной сектор экономики в жертву текущим интересам [7]. И только в 1993 г. с принятием основ лесного законодательства была запрещена заготовка древесины в размерах, превышающих расчетную лесосеку [8].

Классическая схема проведения лесоустройства, которая отработывалась в течение 150 лет, предполагала при лесоустройстве осуществлять:

1. Проведение съемочно-геодезических и лесотаксационных работ.
2. Создание актуализированных картографических и лесотаксационных баз данных различной степени агрегации.
3. Анализ лесохозяйственной деятельности и динамики количественных и качественных показателей лесов.
4. Разработка проекта организации и ведения лесного хозяйства на десятилетний период, в т.ч. определения норм заготовки древесины.

Согласно статье 68 Лесного кодекса РФ лесоустройство включает шесть взаимно несвязанных проектных направлений, финансируемых из федерального бюджета, бюджета субъектов РФ и средств арендаторов. Важное из них – таксацию лесов – можно было производить с 2007 г. только за счет средств арендатора. Это явилось следствием того, что ежегодный объем лесной таксации был снижен с 45 млн га в 2006 г. до 5–10 млн га в 2007–2011 гг.

В ЛК РФ (2006 г.) предусмотрено составлять при таксации леса:

1. Таксационные описания.
2. Планшеты.
3. Тематические лесные карты.

Таксация леса проводится частными структурами или государственными лесоустroительными организациями. Таким образом, лесоустройство не определяет норму лесопользования, а объемы лесоустroительных работ на землях лесного фонда с принятием Лесного кодекса РФ в 2006 г. резко сократились (рис 1.).

Тем самым давность материалов лесоустройства по лесничествам в 2011 г. на-

глядно представлена на рис. 2 (Рослесхоз, 2012 г.).

Анализ принципов определения расчетных лесосек за 142 года развития лесоустройства подтверждает, что современное лесное законодательства по определению расчетной лесосеки базируется на этих классических принципах. Вместе с тем, если ранее расчетная лесосека определялась при лесоустройстве только государственными лесоустроительными предприятиями, в настоящее время она может определяться любой камерческой структурой и самое главное без проведения лесоустроительных работ. Это может привести к потере соблюдения принципа непрерывности и неистощительности использования лесосырьевых ресурсов на арендованном участке, переданном в длительную аренду сроком на 49 лет.

Выводы

1. Необходимо внести изменения в Лесной кодекс РФ, в котором предусмотреть определение расчетных лесосек только при проведении лесоустроительных работ по лес-

ничествам за счет средств федерального бюджета. При этом норма лесопользования должна определяться и устанавливаться также по каждому лесному участку, переданному в аренду под заготовку древесины.

2. Установленная при лесоустройстве расчетная лесосека должна утверждаться по материалам лесоустройства федеральным органом исполнительной власти в области лесного хозяйства – Рослесхозом. Так как Рослесхоз не является арендодателем и может провести независимую экспертизу материалов расчета размера лесопользования, может принять оптимальное решение и обеспечить непрерывность лесопользования. Кроме того, в соответствии с Лесным кодексом РФ(2006) Рослесхоз утверждает возрасты рубок, осуществляет распределение лесов по категориям защитности, утверждает правила заготовки древесины.

3. Лесоустроительные работы на всей территории РФ должны проводиться специализированным федеральным бюджетным или автономным учреждением, так как частные конторы проводят собственное лесоустройс-

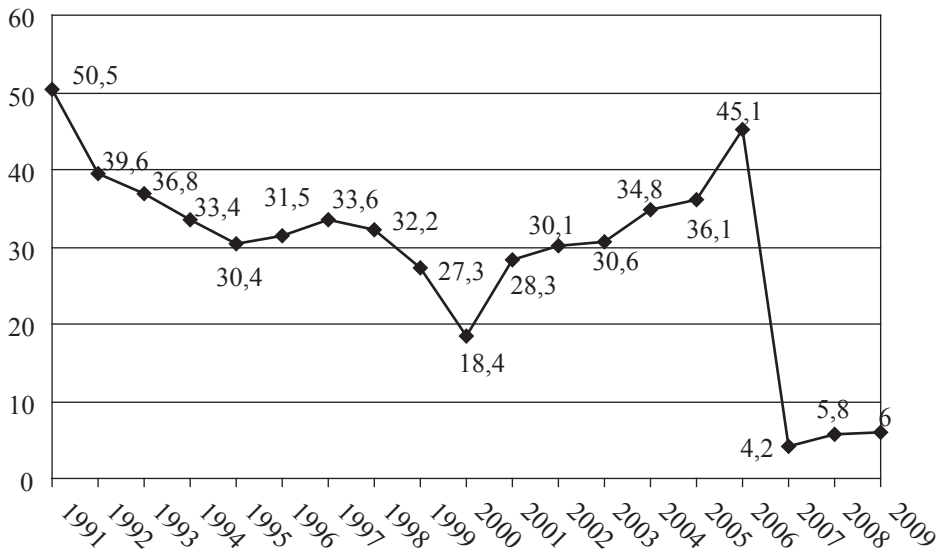


Рис. 1. Динамика объемов лесоустроительных работ на землях лесного фонда, млн га

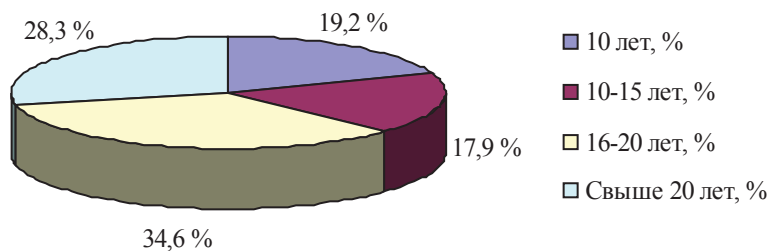


Рис. 2. Давность материалов лесоустройства по количеству лесничеств

тво, не всегда отвечающее принципу непрерывности лесопользования.

Библиографический список

1. Лесной кодекс Российской Федерации. Комментарии: изд. 2-е, доп. / Под общ. ред. Н.В. Комаровой, В.П. Рощупкина. – М.: ВНИИЛМ, 2007. – 865 с.
2. Инструкция для устройства, ревизии лесоустройства и исследования казенных лесов. – Петроград, 1914. – 107 с.
3. Инструкция для устройства, ревизии устройства и лесоэкономического обследования общегосударственных лесов РСФСР – М., 1926. – 304 с.
4. Инструкция по устройству и обследованию лесов государственного значения СССР – М., 1952. – 407 с.
5. Инструкция для устройства казенных лесов ведомства Главного управления землеустройства и земледелия по Лесному департаменту – СПб, 1908. – 60 с.
6. Лесной кодекс Российской Федерации. Комментарии: изд. 2-е, доп. / Под общ. ред. Н.В. Комаровой, В.П. Рощупкина. – М.: ВНИИЛМ, 2007. – 865 с.
7. Гиряев, М.Д. Лесопользование в России / М.Д. Гиряев. – М.: ВНИИЛМ, 2003. – 240 с.
8. Петров, А.П. Государственное управление лесным хозяйством: Учебное пособие для средних профессиональных учебных заведений лесного хозяйства / А.П. Петров, Б.М. Мамаев, В.К. Тепляков и др. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1997. – 304 с.
9. Основы лесного законодательства Российской Федерации – М., 1993. – 46 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ОПТИМИЗАЦИЕЙ РУБОК УХОДА

Ю.В. МУРЗИНОВ, *асп. каф. автоматизации производственных процессов ВГЛТА*

murzinov@box.vsi.ru

Повышение выхода деловой древесины и улучшение качества состава лесов в настоящее время является одной из основных проблем лесного хозяйства РФ.

Рубки ухода за лесом были и остаются самым трудоемким, сложным и потому проблематичным лесохозяйственным мероприятием. Уход за лесом является распределенным во времени процессом на протяжении всего периода лесовыращивания и на каждом возрастном этапе имеет свои особенности, которые заключаются, прежде всего, в возрастной оптимизации площади питания каждого дерева. Для эффективного планирования проведения рубок ухода за лесом необходимо иметь достаточно точные математические модели, наиболее полно описывающие процессы выращивания древостоев.

Повышение эффективности выращивания сосновых насаждений возможно за счет оптимизации режимов и параметров рубок ухода, которая основывается на анализе текущего состояния древостоев, описываемых таблицами хода роста.

Таблицы находят применение в научных исследованиях при проектировании лесохозяйственных мероприятий, прогнозировании общей продуктивности лесов и

установлении эффективности деятельности лесохозяйственных предприятий. Статистическая информация о ходе роста деревьев, заключенная в таблицах хода роста, может использоваться для построения эмпирических зависимостей, связывающих параметры роста деревьев и таксационные показатели древостоев. Обработка статистических данных методом наименьших квадратов позволяет построить регрессионные модели, наиболее точно описывающие процессы роста и развития древостоев.

На кафедре автоматизации производственных процессов ВГЛТА разработаны двухпараметрические регрессионные модели хода роста сосновых древостоев, а также модели, описывающие реакции на проведение внутренних рубок ухода. Двухпараметрические регрессионные модели наиболее полно и точно отражают динамику развития древостоев.

Для построения системы автоматизации инженерных расчетов режимов и параметров рубок ухода за лесом получены следующие регрессионные модели.

1. Двухпараметрическая модель средней высоты дерева

$$H(T,D) = m_0 + m_1T + m_2T^2 + m_3D + m_4D^2 + m_5TD + m_6TD^2 + m_7T^2D + m_8T^2D^2, \quad (1)$$

где H – средняя высота дерева, м;
 T – возраст древостоя, лет;
 D – средний диаметр деревьев, м;
 $m_0 \dots m_8$ – коэффициенты регрессионной модели, значения которых показаны в табл. 1.

2. Модель количества деревьев в древостое

$N = k_0 T^6 + k_1 T^5 + k_2 T^4 + k_3 T^3 + k_4 T^2 + k_5 T + k_6$, (2)
 где N – количество деревьев в древостое в возрасте T , шт;

$k_0 \dots k_6$ – коэффициенты регрессионной модели (табл. 2).

3. Двухпараметрическая модель общего текущего прироста

$$Z^{\text{общ}}(T, H) = x_0 + x_1 T + x_2 T^2 + x_3 H + x_4 H^2 + x_5 TH + x_6 TH^2 + x_7 T^2 H + x_8 T^2 H^2, \quad (3)$$

где $Z^{\text{общ}}$ – общий текущий прирост древостоя, м³;

$x_0 \dots x_8$ – коэффициенты регрессионной модели (табл. 3).

4. Двухпараметрическая модель прироста растущей части

$$Z^{\text{раст}}(T, H) = y_0 + y_1 T + y_2 T^2 + y_3 H + y_4 H^2 + y_5 TH + y_6 TH^2 + y_7 T^2 H + y_8 T^2 H^2, \quad (4)$$

где $Z^{\text{раст}}$ – прирост растущей части древостоя, м³;

$y_0 \dots y_8$ – коэффициенты регрессионной модели (табл. 4).

Полученные регрессионные модели (1–4) позволяют получить оптимальные показатели режимов и параметров рубок ухода. Для реализации оптимизации выращивания древостоев было получено уравнение, опре-

Т а б л и ц а 1

Коэффициенты регрессионной модели средней высоты сосны обыкновенной

Показатель продуктивности леса	m_0	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	m_7	m_8
Iб бонитет	$-2,908 \times 10^{-2}$	3,957	$4,837 \times 10^{-2}$	-5,917	0,353	-0,299	$5,363 \times 10^{-4}$	$-1,342 \times 10^{-4}$	$3,569 \times 10^{-7}$
Iа бонитет	$-1,381 \times 10^{-2}$	2,149	$3,115 \times 10^{-2}$	-3,134	0,2	-0,17	$-2,86 \times 10^{-4}$	$9,055 \times 10^{-5}$	$1,885 \times 10^{-7}$
I бонитет	$-2,044 \times 10^{-2}$	1,743	$3,588 \times 10^{-2}$	-2,771	0,347	-0,244	$2,71810^{-5}$	$8,036 \times 10^{-5}$	$-7,563 \times 10^{-7}$
II бонитет	$-1,376 \times 10^{-2}$	1,738	$2,002 \times 10^{-2}$	-3,546	0,246	-0,152	$-4,002 \times 10^{-4}$	$8,801 \times 10^{-5}$	$4,601 \times 10^{-7}$
III бонитет	$-3,174 \times 10^{-2}$	1,828	$1,838 \times 10^{-2}$	-4,987	0,279	$-9,713 \times 10^{-2}$	$-2,548 \times 10^{-4}$	$1,061 \times 10^{-4}$	$4,582 \times 10^{-7}$

Т а б л и ц а 2

Коэффициенты регрессионной модели количества деревьев сосны обыкновенной

Показатель продуктивности леса	k_0	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6
Iб бонитет	$0,478 \times 10^{-7}$	$-0,227 \times 10^{-4}$	$4,448 \times 10^{-3}$	-0,459	26,876	-872,226	13347,379
Iа бонитет	$5,208 \times 10^{-8}$	$-2,469 \times 10^{-5}$	$4,792 \times 10^{-3}$	-0,491	28,44	-915,227	14050,856
I бонитет	$4,406 \times 10^{-8}$	$-2,134 \times 10^{-5}$	$4,249 \times 10^{-3}$	-0,448	26,808	-895,167	14416,659
II бонитет	0	$3,724 \times 10^{-8}$	$1,993 \times 10^{-4}$	$-7,226 \times 10^{-2}$	9,457	-553,277	13254,955
III бонитет	0	0	$1,044 \times 10^{-4}$	$-4,308 \times 10^{-2}$	6,623	-461,195	13235,765

Т а б л и ц а 3

Коэффициенты регрессионной модели общего текущего прироста сосны обыкновенной

Показатель продуктивности леса	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
Iб бонитет	$2,246 \times 10^{-2}$	-2,479	$1,336 \times 10^{-2}$	6,402	-0,199	$5,592 \times 10^{-2}$	$6,36 \times 10^{-4}$	$-1,262 \times 10^{-4}$	$-7,224 \times 10^{-6}$
Iа бонитет	$1,242 \times 10^{-2}$	-1,696	$3,578 \times 10^{-3}$	5,361	-0,164	$4,151 \times 10^{-2}$	$4,792 \times 10^{-4}$	$-6,644 \times 10^{-5}$	$-2,335 \times 10^{-6}$
I бонитет	$3,949 \times 10^{-3}$	-1,054	$-1,414 \times 10^{-2}$	4,277	$-5,946 \times 10^{-2}$	$2,058 \times 10^{-2}$	$-4,435 \times 10^{-5}$	$3,214 \times 10^{-4}$	$4,565 \times 10^{-6}$
II бонитет	$0,139 \times 10^{-2}$	2,04	$-8,06 \times 10^{-3}$	-9,034	-1,297	$1,045 \times 10^{-2}$	$-1,717 \times 10^{-4}$	$-1,861 \times 10^{-4}$	$8,658 \times 10^{-6}$
III бонитет	$1,381 \times 10^{-3}$	-0,958	$-3,418 \times 10^{-3}$	4,569	-0,127	$3,419 \times 10^{-2}$	$-7,669 \times 10^{-5}$	$2,335 \times 10^{-7}$	$5,934 \times 10^{-7}$

Коэффициенты регрессионной модели прироста растущей части сосны обыкновенной

Показатель продуктивности леса	y_0	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8
Иб бонитет	$6,408 \times 10^{-2}$	-1,831	$2,004 \times 10^{-2}$	4,912	-0,227	$6,38 \times 10^{-2}$	$6,911 \times 10^{-4}$	$-2,273 \times 10^{-4}$	$-1,135 \times 10^{-5}$
Ia бонитет	$2,382 \times 10^{-2}$	-1,169	$1,219 \times 10^{-2}$	3,929	-0,229	$6,63 \times 10^{-2}$	$5,218 \times 10^{-4}$	$-3,019 \times 10^{-4}$	$-6,386 \times 10^{-6}$
I бонитет	$5,772 \times 10^{-2}$	-1,364	$1,756 \times 10^{-2}$	4,662	-0,263	$4,756 \times 10^{-2}$	$1,198 \times 10^{-3}$	$-4,206 \times 10^{-4}$	$-8,971 \times 10^{-6}$
II бонитет	$3,986 \times 10^{-2}$	-1,273	$1,488 \times 10^{-2}$	4,039	-0,234	$7,006 \times 10^{-2}$	$9,526 \times 10^{-4}$	$-3,744 \times 10^{-4}$	$-7,16 \times 10^{-6}$
III бонитет	$-4,452 \times 10^3$	-1,06	$1,826 \times 10^{-2}$	5,318	$1,222 \times 10^{-2}$	-0,13	$3,922 \times 10^{-3}$	$-1,494 \times 10^{-4}$	$-1,355 \times 10^{-5}$

деляющее запас разреживаемого древостоя в возрасте T

$$V_T = V_{T_0} + \sum_{i=T_0}^{T_1} Z_i^{\text{раст}} + \sum_{i=T_0}^T (Z_i^{\text{общ}} - V_i K_0) - \sum_{j=1}^n \Delta V_j, \quad (5)$$

где V_T – запас разреживаемого древостоя в возрасте T, м³;

V_{T_0} – запас древостоя до проведения промежуточных рубок в некотором начальном периоде T_0 , м³;

$K_0 = 0,1 \dots 0,2$ % – среднегодовой процент отпада после проведения промежуточных рубок;

T_1 – время проведения первой рубки, лет;

n – количество рубок ухода, проведенных за период от T_0 до T;

ΔV_j – часть запаса, удаляемая при j -й промежуточной рубке и равная объему промежуточного пользования, м³

$$\Delta V_j = P_j V_j, \quad (6)$$

где P_j – процент изреживания древостоя по запасу.

В настоящее время существуют методики оптимизации выращивания древостоев путем повышения эффективности проведения рубок ухода. Анализ восстановления полноты насаждений, проведенный С.Н. Сенновым [1], показывает, что прирост насаждения, пройденного правильными рубками ухода, исходя из природы снижения полноты можно считать неизменным. При этом отпад оставленных в покое деревьев заметно снижается и в идеальном случае практически равен нулю, что дает насаждению восстановиться до исходной полноты. С.Н. Сеннов утверждает, что при обоснованном проведении промежуточных рубок величина отпада составляет примерно 0,1 % в год от величины общего запаса. Поэтому каж-

дую последующую рубку назначают при восстановлении полноты насаждения до 1.

Процесс лесовыращивания развернут во времени, и временные интервалы между рубками ухода являются главным фактором, влияющим на объем получения деловой древесины. Время проведения рубки в значительной степени зависит от полноты насаждения и запаса древесины.

На основе двухпараметрических регрессионных моделей хода роста (1–4) и уравнения (5) была разработана компьютерная программа для ЭВМ [2]. Интерфейс работы программы, показан на рис. 2. В процессе работы программы варьируются проценты изреживания запаса древостоев P_j и возраст проведения первой рубки T_1 , и, следовательно, возрасты проведения рубок ухода T_i . Оптимизация режимов и параметров рубок ухода будет проводиться по общему объему заготавливаемой древесины

$$V(T_i, P_j) \rightarrow \max, \\ T_i \in T \\ P_j \in P. \quad (7)$$

Разработанная система автоматизации инженерных расчетов режимов и параметров рубок ухода за лесом осуществляет имитационное моделирование хода роста сосновых насаждений (Иб, Ia, I, II и III бонитетов) и позволяет отобразить динамику основных таксационных параметров насаждений. Преимуществами применения компьютерной оптимизации планирования рубок ухода является увеличение пользования древесиной, снижение возраста получения технически спелой древесины и улучшение качества древесных стволов.

Для сосновых насаждений Учебно-опытного лесхоза ГОУ ВПО «Воронежская

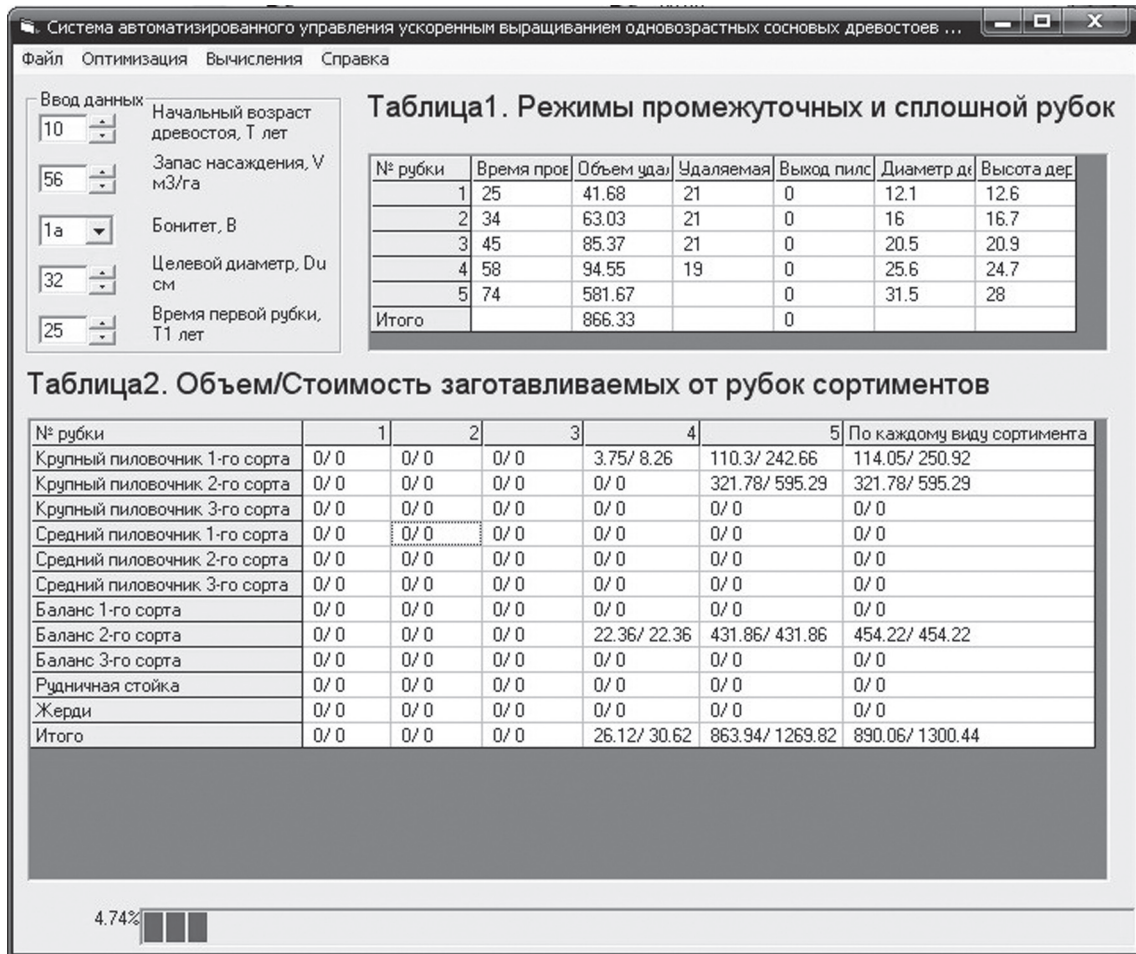


Рис. 1. Интерфейс системы автоматизации поиска оптимальных режимов и параметров рубок ухода

государственная лесотехническая академия» с помощью программы «Система автоматизации инженерных расчетов режимов и параметров рубок ухода за лесом» были проведены оптимизационные расчеты. На рис. 2 показана эффективность использования машинных методов расчета оптимальных режимов и параметров рубок ухода за лесом.

Для наглядной оценки эффективности системы автоматизации инженерных расчетов режимов и параметров рубок ухода за лесом используем целевую функцию Ω , характеризующую отношение увеличения объема получаемой от проведения рубок ухода древесины к сроку выращивания.

$$\Omega = \Delta V / T, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (8)$$

где ΔV – увеличение объема запасаемой древесины после проведения рубок ухода по сравнению с контрольным объемом запасаемой древесины.

Целевая функция (8) показывает, насколько увеличится пользование древесиной с одного гектара площади за один год лесовыращивания по сравнению с контрольным древостоем. Наиболее выгодным будут являться

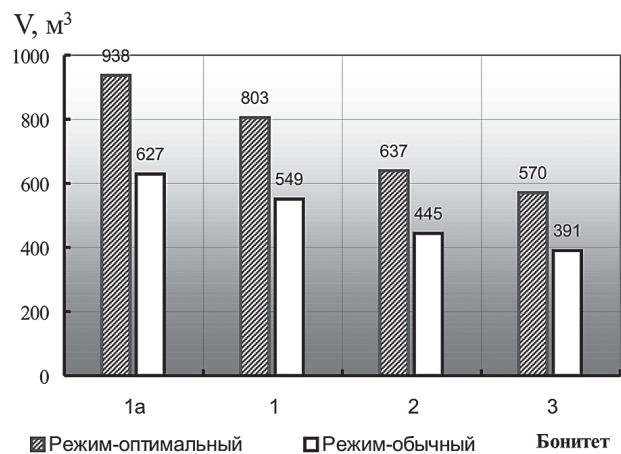


Рис. 2. Объем выхода деловой древесины при среднем возрасте главной рубки 82 года

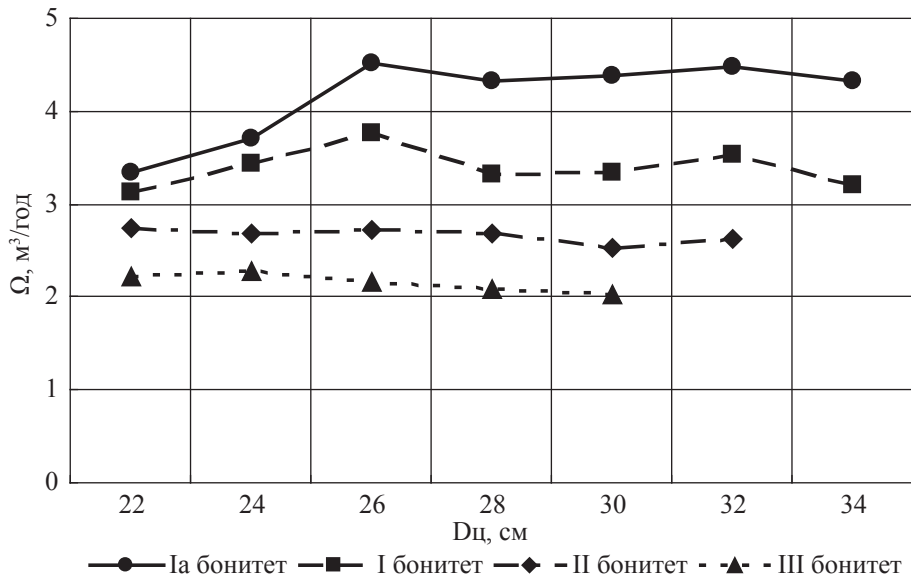


Рис. 3. Среднегодовое увеличение пользования древесиной с 1 га

те режимы проведения рубок ухода, при которых $\Omega \rightarrow \max$.

По расчетам, проведенным для учебно-опытного лесхоза ГОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия», пользование древесиной сосны увеличится в среднем на 3,2 м³/га в год (на 16,7 %), что показано на рис. 3.

Библиографический список

1. Сеннов, С.Н. Уход за лесом (экологические основы) / С.Н. Сеннов. – М.: Лесн. пром-ть, 1984. – 128 с.
2. Патент 2010610420 РФ. Программа для расчета режимов оптимального ускоренного выращивания сосновых древостоев: программа для ЭВМ. – М.: Роспатент, 2010.

ОЦЕНКА ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ ПОРОД В ПАРКОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

Л.А. ДЮКОВА, асп. каф. лесных культур и селекции ВГЛТА

guess211@mail.ru

Учет почвенных условий произрастания экзотов при благоприятных климатических параметрах является решающим фактором в успехе интродукции и создании устойчивых насаждений, отвечающих эстетическим, лечебным и природоохранным требованиям. Для субтропических районов юга Украины именно эдафические факторы зачастую оказываются лимитирующими для использования в зеленом строительстве ценных декоративных деревьев и кустарников.

Среди методов, определяющих степень приспособленности растений к экологическим условиям места произрастания, наиболее широкое распространение имеют

оценки их биоэкологических особенностей – морозо- и засухоустойчивости, вегетативного развития и регенеративной способности, устойчивости к вредителям и болезням. Разработаны различные методики для комплексной оценки успешности интродукции, включающие сразу несколько характеристик интродуцентов [1, 2]. Вместе с тем, работ, посвященных роли почвенных факторов, их влиянию на рост и состояние декоративных пород, в научной литературе сравнительно немного. Имеются лишь самые общие сведения об отношении даже весьма распространенных экзотов к почвенным условиям, практически отсутствуют показатели обеспе-

ченности древесных растений питательными веществами.

Наиболее детально разработаны критерии оценки почвенных условий для сельскохозяйственных культур, в которых плодородие почв определяется, с одной стороны, по урожайности, с другой – по свойствам почв: механическому составу, содержанию гумуса, азота, фосфора, калия и др. В лесоводстве для оценки местообитаний и почв приняты два основных подхода: типологический и почвенно-экологический, или аналитический.

Перспективным для оценки условий питания интродуцентов также является использование методов растительной диагностики. Уровни обеспеченности растений питательными элементами определяются сопоставлением химического состава ассимилирующих органов, содержания питательных веществ в почве и биометрических показателей растений. Кроме того, это дает возможность установить нарушения в питании, вызванные неблагоприятными условиями роста [8].

На Южном берегу Крыма (ЮБК) климатические условия благоприятны для значительного ассортимента растений, испытанных Никитским ботаническим садом со времени его основания (с 1812 г.). Однако практически на всем Черноморском побережье Крыма, где сосредоточено большинство рекреационных объектов, почвенные условия непригодны или ограниченно пригодны для выращивания декоративных деревьев и кустарников. К числу основных эдафических факторов, которые могут оказать отрицательное влияние на рост и состояние экзотов, относятся малая мощность корнеобитаемого слоя, ограниченная близким залеганием плотных пород, сильная скелетность, высокая карбонатность, малая мощность гумусового горизонта и низкие запасы гумуса, неблагоприятные водно-физические свойства почв [3].

В задачу наших исследований входило изучение эдафических условий произрастания некоторых декоративных древесных экзотов, определение оптимальных и допустимых параметров свойств почв для данных видов. Исследования выполнены в различных экологических условиях на южном макросклоне

Главной гряды Крымских гор, в парковых насаждениях пгт. Форос, Мисхор и Утес.

Для изучения влияния свойств почв на древесные экзоты нами использован метод сопряженного изучения системы «почва–растение», близкий к почвенно-экологическому подходу, принятому в лесоводстве. Основы его были заложены П.Г. Шиттом для плодовых культур, в дальнейшем получили развитие в отделе агроэкологии Никитского ботанического сада. Подбор растений для исследования осуществлялся методом пар – выбирали экземпляры деревьев в хорошем и угнетенном состоянии на одном или нескольких расположенных вдали друг от друга участках. На данных участках производился отбор почвенных проб под деревьями, по биометрическим показателям наиболее близким к средним для каждой выделенной по состоянию растений группы. Сопоставлением отдельных свойств почв под особями в различной степени угнетенными и нормально развитыми выделяли критические показатели почв, в наибольшей степени влияющие на состояние растений.

Оценивание почв проведено на основе изучения их морфологических и физико-химических свойств общепринятыми методиками [4]. Степень скелетности и процентное содержание скелета в гумусовом горизонте определялись в полевых условиях визуально. При этом использовали следующую градацию, разработанную для коричневых почв ЮБК: слабоскелетные коричневые почвы – обломки плотных пород занимают 5 % объема почвы; среднескелетные – 20–30 %, сильноскелетные – от 30 до 50 %, очень сильноскелетные – более 50 % объема почвы [5].

Общее состояние (жизненность) растений оценивалось по шестибальной шкале [6], частично измененной нами в связи со спецификой прорабатываемой работы:

1 балл – прирост хороший, крона густая, не просвечивается, процент усыхания кроны от 0 до 5 %, растение пропорционально развито и проявляет высокие эстетические качества;

2 балла – прирост нормальный, изредка сухие ветки, усыхание кроны 5–15 %;

3 балла – прирост небольшой, есть сухие ветки, усыхание кроны 15–30 %, наблю-

Коэффициенты корреляции между жизненностью растений и параметрами свойств почв

Параметры свойств почв	Дуб пробковый	Багряник европейский	Кедр гималайский	Кедр ливанский	Магнолия крупноцветковая	Сосна алеппская	Глубина взятия образца, см
	Коэффициент корреляции и его ошибка (уровень значимости коэффициента корреляции 95 %)						
Содержание скелета, %	0,139 ±0,580	0,176 ±0,483	0,714 ±0,273	0,633 ±0,320	0,042 ±0,630	0,383 ±0,280	0–10
	0,5 ±0,790	0,183 ±0,317	0,903 ±0,090	0,908 0,064	0,055 ±0,586	0,387 ±0,240	10–20
	0,5 ±0,790	0,473 ±0,387	0,943 ±0,053	0,919 ±0,057	0,273 ±0,540	0,579 ±0,218	20–30
	0,7 ±0,530	0,901 ±0,094	0,982 ±0,016	0,985 ±0,010	0,273 ±0,540	0,611 ±0,206	30–40
Содержание гумуса, %	-0,001 ±0,950	-0,077 ±0,495	-0,160 ±0,460	-0,192 ±0,440	-0,091 ±0,580	-0,490 ±0,250	0–10
	-0,003 ±0,930	-0,198 ±0,478	-0,105 ±0,520	-0,137 ±0,470	-0,082 ±0,550	-0,357 ±0,295	10–20
	-0,029 ±0,870	-0,286 ±0,460	-0,130 ±0,470	-0,433 ±0,280	-0,358 ±0,510	-0,359 ±0,286	20–30
	-0,9 ±0,199	-0,54 ±0,370	-0,646 ±0,260	-0,928 ±0,050	-0,564 ±0,400	-0,473 ±0,255	30–40
Азота щелочно-гидролизуемого, кг/га	-0,78 ±0,180	-0,063 ±0,520	-0,39 ±0,420	-0,85 ±0,100	-0,055 ±0,590	-0,433 ±0,300	0–40
Фосфора подвижного, кг/га	-0,2 ±0,610	-0,165 ±0,480	-0,81 ±0,160	-0,536 ±0,260	-0,491 ±0,450	-0,062 ±0,330	0–40
Калия обменного, кг/га	-0,3 ±0,540	-0,253 ±0,470	-0,288 ±0,440	-0,32 ±0,350	-0,042 ±0,590	-0,01 ±0,330	0–40

даются первые признаки снижения эстетических качеств растения;

4 балла – в течение ряда лет прирост слабый, кора повреждена, есть сухие ветки, усыхание кроны от 30 до 50 %, эстетическая привлекательность растения значительно снижена;

5 баллов – прироста почти нет, кора имеет повреждения, есть дупла, много сухих ветвей, в том числе ветвей первого порядка, усыхание кроны составляет более 50 %, эстетические качества растения полностью утрачены;

6 баллов – растения очень угнетены, близки к гибели.

При определении наиболее важных для роста интродуцентов свойств почв использовали корреляционный и множественно-регрессионный анализ. По значениям коэффициентов корреляции между показателями роста интродуцентов и параметрами почв отбирались наиболее значимые для роста и жизненного состояния растений факторы.

Пределы толерантности и оптимального роста видов растений рассчитаны на основании графиков, построенных по уравнению линейной регрессии и его ошибке [6]. Параметры допустимых свойств почв определялись как точка пересечения нижней границы линии ошибки уравнения регрессии с линией условной величины, соответствующей хорошему жизненному состоянию растения. Оптимальные параметры определялись по пересечению нижней линии ошибки уравнения регрессии с величиной, характерной для наилучшего состояния и развития растений.

Исследовано влияние 5 показателей свойств почв на рост и состояние 6 видов парковых экзотов. Общее количество изученных растений составило 329: 53 экземпляра кедр ливанского (*Cedrus libani A.Rich.*), 44 – кедр гималайского (*C.deodara (D.Don.) G.Don.fil*), 146 – сосны алеппской (*Pinus halepensis Mill.*), 19 – дуба пробкового (*Quercus suber L.*), багряника европейского (*Cercis siliquastrum L.*) и маг-

Определение оптимальных и допустимых параметров свойств почв для декоративных экзотов

Свойства почв (x)	Уравнение регрессии	Ошибка уравнения	Показатели	
			оптимальные	допустимые
<i>Cedrus libani A. Rich.</i>				
содержание скелета, %	$y^* = 0,0525 x + 0,39$	±0,94	< 30	50
содержание гумуса, %	$y = -0,38 x + 3,65$	±1,02	4,3	1,7
подвижного фосфора, кг/га	$y = -0,0017 x + 3,71$	±1,14	1030	280
азота, кг/га	$y = -0,0147 x + 3,66$	±1,01	109	42
<i>Cedrus deodara (D.Don.)</i>				
содержание скелета, %	$y = 0,0582 x + 0,77$	±0,82	< 20	40
содержание гумуса, %	$y = -0,53 x + 3,6$	±1,44	2,4	0,6
подвижного фосфора, кг/га	$y = -0,0029 x + 3,25$	±1,21	300	34
<i>Pinus halepensis Mill.</i>				
содержание скелета, %	$y = 0,0217 x + 1,76$	±1,22	< 25	65
содержание гумуса, %	$y = -0,29 x + 3,25$	±1,17	3,8	0,5
азота, кг/га	$y = -0,007x + 3,06$	±1,31	103	34
<i>Quercus suber L.</i>				
содержание скелета, %	$y = -0,12 x + 0,14$	±0,65	< 15	25
содержание гумуса, %	$y = -0,39 x + 5,13$	±0,62	8,1	5,6
азота, кг/га	$y = -0,0124 x + 5,13$	±0,07	312	235
<i>Cercis siliquastrum L.</i>				
содержание скелета, %	$y = 0,13 x - 2,46$	±1,16	< 35	45
содержание гумуса, %	$y = -0,83 x + 3,89$	±1,1	2,3	1
<i>Magnolia grandiflora L.</i>				
содержание гумуса, %	$y = -1,04 x + 4,14$	±0,6	2,4	1,5

* у – жизненное состояние растения, балл

нолии крупноцветковой (*Magnolia grandiflora L.*) – 40 и 27 деревьев, соответственно.

В связи с тем, что в большинстве случаев почвы парков характеризуются высокой скелетностью и близким залеганием материнских пород, максимальная глубина отбора проб для анализа в самых неблагоприятных участках составила 40 см. Всего для изучения было отобрано 128 почвенных образцов.

Статистическая обработка полученных результатов показала наличие достоверной связи состояния растений и основных параметров свойств почв для слоя 0–40 см (табл. 1). Жирным шрифтом в таблице выделены статистически значимые коэффициенты корреляции.

Из таблицы следует, что факторами, оказывающими негативное воздействие на рост и состояние всех изученных пород, являются сильная скелетность и, как правило, низкая гумусированность, свойственная данным видам почв. Исключением послужила *Magnolia grandiflora L.*, для которой коэффи-

циент корреляции между состоянием растений и скелетностью составил всего 0,27. Экземпляры данного вида встречались лишь на слабо- или среднескелетных почвах, в связи с чем установление зависимости и расчет критических параметров оказались невозможными. При этом уже при содержании обломков плотных пород 20–25 % отмечалось удовлетворительное состояние деревьев, потеря ими декоративности и отставание в росте. В целом состояние практически всех экземпляров магнолии оценено в 3–4 балла. Следует также отметить, что данный вид предпочитает кислые почвы, в то время как исследуемые почвы имеют щелочную реакцию среды (рН=7,9 – 8,8).

Остальные виды характеризуются достаточно высокими значениями корреляции для данных факторов. Сравнение полученных нами данных с имеющимися в литературе, несмотря на различные подходы, указывает на значительную схожесть результатов, а также возможность использования

такого параметра, как жизненное состояние растения, для оценки пригодности почв под интродуценты. Так, для кедра гималайского значения коэффициентов корреляции между скелетностью почв и ростом растений, где в качестве биометрических показателей роста использовали среднюю длину и массу хвоинок, составили соответственно 0,77 и 0,93. Зависимость между запасами гумуса и ростом деревьев – 0,53 и 0,7 [7]. В условиях восточного Средиземноморья установлено лимитирующее влияние содержания гумуса в почвах на распространение *Cercis siliquastrum* L. [9]. Из 17 химических показателей, подверженных анализу, только для гумуса получена достоверная связь с произрастанием вида. Коэффициент корреляции $r = 0,51$, что оказалось близким к установленному для условий Крыма.

Наибольшие пределы толерантности в отношении скелетности почв и содержания в них органического вещества выявлены для *Pinus halepensis* Mill. Сосна алеппская успешно произрастает на бедных каменистых почвах с высоким содержанием скелетных частиц (до 55–65 %). При этом замедляет рост, но не утрачивает декоративности. Лучшее развитие получает на богатых плодородных почвах, достигая в 40-летнем возрасте в среднем 30 см в диаметре и более 16 м в высоту [10].

Методом корреляционного анализа также выявлена тесная взаимосвязь состояния растений с запасами доступных форм элементов питания в почве. В частности, в наших исследованиях наиболее высокие коэффициенты корреляции между состоянием деревьев и содержанием щелочногидролизуемого азота обнаружены для *Quercus suber* L. и *Cedrus libani* A.Rich., содержанием подвижного фосфора – для *C.libani* A.Rich. и *C.deodara* (D.Don.). Данный факт позволяет сделать вывод о том, что в условиях горного Крыма названные интродуценты испытывают недостаток азота и фосфора и о необходимости улучшения азотно-фосфорного питания. Отсутствие корреляции для калия свидетельствует о достаточном уровне обеспеченности растений этим элементом питания.

Зависимость жизненного состояния видов деревьев от свойств почв выражается следующими коэффициентами множественной регрессии:

$$Cedrus libani A Rich. - y = 1,1119 + 0,0436x_1 + 0,0459x_2 - 0,0017x_3 - 0,0007x_4;$$

$$C.deodara (D.Don.) G.Don.fil - y = 1,0404 + 0,0641x_1 - 0,2898x_2 + 0,0001x_4;$$

$$Pinus halepensis Mill. - y = 1,9867 + 0,0224x_1 - 0,3657x_2 + 0,0124x_3;$$

$$Quercus suber L. - y = 4,7576 + 0,0127x_1 - 0,241x_2 - 0,0069x_3,$$

где x_1 – содержание скелета (%);

x_2 – содержание гумуса (%);

x_3 – запасы азота щелочногидролизуемого (кг/га);

x_4 – запасы фосфора подвижного (кг/га).

Границы толерантности, оптимального роста и жизненного состояния растений представлены в табл. 2.

На основании сопряженного изучения системы «почва–растение» в парковых насаждениях ЮБК, а также корреляционного и регрессионного анализа результатов исследования установлены положительно и отрицательно действующие на жизненное состояние экзотов эдафические факторы. Сделана попытка определить оптимальные и допустимые значения свойств почв для данных видов растений. Полученные данные могут быть использованы при подборе ассортимента декоративных пород при реконструкции существующих и формировании новых фитоландшафтов в рекреационных зонах ЮБК.

Библиографический список

1. Лапин, П.И. Интродукция лесных пород / П.И. Лапин, К.К. Калущкий, О.Н. Калущкая. – М.: Лесная пром-ть, 1979. – 224 с.
2. Плотникова, Л.С. Научные основы интродукции и охраны древесной растительности флоры СССР / Л.С. Плотникова. – М.: Наука, 1988. – 264 с.
3. Казимилова, Р.Н. Принципы и методы агроэкологической оценки территории для зеленого строительства на юге Украины / Р.Н. Казимилова, В.В. Антюфеев, А.П. Евтушенко. – К.: Аграрна наука, 2006. – 120 с.
4. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: МГУ, 1962. – 491 с.

5. Казими́рова, Р.Н. Классификация коричневых скелетных почв низких таксонов для оценивания их пригодности под хвойные интродуценты / Р.Н. Казими́рова, А.П. Евтушенко, М.П. Литвинов // *Агрохимия и почвоведение*. – 2009. – Вып. 69. – С. 38–42.
6. Алиев, А.М. Методические рекомендации по изучению и оценке почвенных условий произрастания интродуцентов в Крыму / А.М. Алиев, А.А. Анненков. – Ялта, 1985. – 28 с.
7. Казими́рова, Р.Н. К определению оптимальных и допустимых параметров свойств почв для кедра (*Cedrus*) в Горном Крыму / Р.Н. Казими́рова // *Бюл. Никит. ботан. сада*. – 1989. – № 69. – С. 54–58.
8. Lal, C.B. Effect of leaf habit and soil type on nutrient resorption and conservation in woody species of a dry tropical environment / C.B.Lal, C.Annapurna, A.S.Raghubanshi // *Can.J.Bot.* – 2001. – № 79. – p. 1066–1075.
9. Zahreddine, H.G. Patterns of woody plant species diversity in Lebanon as affected by climatic and soil properties / H.G.Zahreddine, D.J. Barker, M.F. Quigley // *Lebanese science journal*. – 2007. – Vol.8, № 2. – p.21–44.
10. Tsitsoni, T. Site quality and stand structure in *Pinus halepensis* forests of north Greece / T.Tsitsoni, V.Karagiannakidou // *Forestry*. – 2000. – Vol.73, № 1. – p. 51–64.

ЭКОСИСТЕМНЫЕ УСЛУГИ МУЗЕЯ-ЗАПОВЕДНИКА Л.Н. ТОЛСТОГО «ЯСНАЯ ПОЛЯНА»

Д.В. КАСИМОВ, ООО «ФРЭКОМ»,
В.Д. КАСИМОВ, ВНИИЛМ

frecom@frecom.ru, info@vniilm.ru

В последнее время в различных странах мира важным направлением в улучшении охраны природы и использовании природных ресурсов является установление цены экологического блага. При сохранении природных ландшафтов, биоразнообразия и предоставления культурных услуг стали использоваться рыночные механизмы в рамках Программы ООН по окружающей среде (2007, 2008, 2009). Проведенные исследования показывают [12], что политика сохранения окружающей среды в подавляющем большинстве случаев со всей очевидностью наилучшая и с экономической точки зрения.

Одним из возможных путей определения стоимости природного капитала являются платежи за экосистемные услуги (ЭУ). Под экосистемными услугами понимаются все те выгоды, которые получает человек от экологических систем, представляющих собой совокупность совместно обитающих организмов (растений, животных, микроорганизмов) и условий среды их обитания.

Не для всех экосистемных услуг можно создать адекватный рынок. Реально на это претендуют 4 категории экосистемных услуг [12], если платежи за экосистемные услуги (ПЭУ) будут вознаграждать поставщиков этих услуг:

- снабжающие (пища, сырье, пресная вода);
- услуги по сохранению биоразнообразия (сохранение конкретных экосистем, видов растений и животных, генетического разнообразия);
- регулирующие услуги (качество климата, воздуха, водных ресурсов, контроль за эрозией);
- сохранение культурных и эстетических ценностей ландшафтов.

Сохранение естественных возможностей природы по выполнению всех этих функций часто обходится дешевле, чем необходимость в дальнейшем выполнять утраченные функции посредством инвестирования в альтернативную инфраструктуру (виновник платит) и технические решения [12]. В обществе постоянно растут затраты на поддержание плодородия почв, борьбу с эрозией, спасение малых и средних рек, поддержание чистоты атмосферы.

Исходя из этой концепции, рассмотрим реальную ситуацию в музее-заповеднике «Ясная Поляна» для корректной оценки объема экосистемных услуг, получаемых обществом и до сих пор недостаточно оцениваемых.

В летописи сельцо Ясная Поляна упоминается с 1763 г. Когда-то оно было сторо-

жевым пунктом в оборонительном рубеже (засечные леса). В начале XVIII столетия окрестности деревни Ясной Поляны Тульской губернии по описанию Л.Н. Толстого имели весьма неприглядный вид [7]: «где были леса, стали поля, где было не пахано, все теперь разодрано, давно выпажано и опять заброшено. Только бугры, лощины остались на старых местах... даже и две речки – Ясенка и Воронка, которые протекают по земле Ясной Поляны, и те переменились – где переменили течение, где обмелели, а где и выбили бучилы, где мелко было, и везде обеднели водой».

Л.Н. Толстой, занимаясь литературной и общественной деятельностью, много времени уделял посадке леса. Получив в наследство 185 десятин лесов, к концу жизни он увеличил площадь лесов до 440 десятин (в 2,4 раза) [2]. Посадка лесов (береза, дуб, ель, сосна, лиственница) осуществлялась самым прогрессивным методом – саженцами с густотой на 1 га 1–3 тыс. растений. Широкие междурядья позволяли вести лесопольное хозяйство: 4–6-летнее сельскохозяйственное пользование с получением дохода. Здесь налицо элементы экосистемного сервиса: сочетание защиты ландшафтов от эрозии почв и повышение гидрографической роли лесов на водосборах рек Воронки и Кочака (регулирующие услуги), а также использование крестьянами дополнительной земельной площади (снабжающие услуги).

Особенно существенна почвозащитная роль лесов на водосборах рек с основными элементами эрозионного процесса: ложбинами, лощинами, оврагами с крутизной склонов до 20°. Создание лесов уменьшило опасность эрозии благодаря поглощению поверхностного стока, снижению промерзания почвы и равномерному распределению снега.

За последние 50 лет особое значение приобрела газопоглотительная роль лесов Ясной Поляны («зеленый фильтр»), аккумулирующих выбросы промышленных предприятий г.г. Щекино, Тулы, Новомосковска (регулирующие услуги). Наиболее эффективно эту роль леса выполняют в условиях высокой растворимости поллютантов (оптимальные условия температуры и влажности) при допустимом уровне загрязнения.

Эффективность экосистемных функций лесов была снижена пуском химического комбината «Щекиноазот» в 1960–65 гг. со значительным превышением допустимого уровня промышленных выбросов.

Принятыми правительственными мерами эту ситуацию удалось выправить. Предприятие «Щекиноазот» было обязано в течение определенного срока оказывать финансовую помощь музею-заповеднику для ликвидации ущерба и снижения уровня загрязнения окружающей среды. Затем ряд лет функционировала федеральная целевая программа по оздоровлению жизни населения Тульской области.

С началом рыночных отношений такая практика компенсационных платежей была ликвидирована. Федеральным законом «Об охране окружающей среды» установлен принцип – «платит виновник загрязнения», причем, ущерб может быть востребован в течение 20 лет. Но чем дальше отодвигается этот срок, тем более теряет общество в сохранении биоразнообразия и использовании экосистемных услуг. Реальные экономические издержки при этом вряд ли когда-либо будут учтены и часто их приходится нести обществу.

В музее-заповеднике «Ясная Поляна» эколого-экономической оценке подлежат регулирующие (гидрологическая, газопоглотительная функция лесов) и культурные услуги (сохранение объектов природно-культурного наследия, рекреационный потенциал, эстетические и духовные ценности природы).

В экосистемном сервисе важным направлением является определение стоимостной оценки экосистемных функций лесов, а также заинтересованных сторон и их готовности участия в реализации предлагаемого механизма (органы власти, бизнес-структуры, туризм).

Потенциальные источники финансирования – региональные органы власти, а также промышленные предприятия Тульско-Щекинского региона, влияющие на чистоту атмосферы и устойчивость лесных ландшафтов музея-заповедника. На начальном этапе проведения исследований и внедрения системы платежей расходы можно покрывать за счет целевых грантов международных фондов (Глобальный

экологический фонд, Всемирный фонд охраны природы, Мировой банк, Международный союз охраны природы и др.).

Методические подходы по определению величины платежей за экосистемные услуги изложены в работе Института экономики природопользования «Экономика сохранения биоразнообразия» (2002), выполненной по проекту Глобального экологического фонда «Сохранение биоразнообразия Российской Федерации» [11].

Для регулирующих услуг, получаемых от лесов Ясной Поляны, применим метод замечающих затрат с использованием техники дисконтирования.

1. Регулирование речного стока (устойчивое водопользование и стабильный гидрологический режим территории). Для оценки используется затратный подход (теневой проект). Теневые цены определяют ценность услуги или товара, не имеющих рынка, и при этом отражают действительную экономическую ценность услуги для общества в целом.

Влияние лесов выражается в повышении водности малых рек за счет увеличения речного стока в меженный период (водоохранная функция – регулирование дебета рек). Экспертная оценка функции лесных насаждений музея-заповедника по их гидрологической роли показала [2], что по схеме В.И. Тюрина [9] характеристика площадей по составу и местоположению фитоценоза с балльной оценкой (высший балл – 5) выглядит следующим образом.

На крутых и покатых склонах гидрологической сети и путях концентрации стока создано около 58 % лесных насаждений (посадки Л.Н. Толстого) с классом гидрологической роли в 4–5 баллов. Остальная лесопокрытая площадь относится к естественным лесам, приуроченным к ровным местам водосборов (класс гидрологической роли – 2–3 балла).

Зависимость между лесистостью и модулем стока на территории Московского региона (применительно и к Тульской области) оценивается выражением [11]

$$M = -1,02 + 0,068 \cdot L,$$

где M – модуль стока с 1 км² водосборного бассейна;

L – лесистость территории (для музея-заповедника она равна 232 га: 412 га = 56,3 %, что для лесостепной зоны свидетельствует о высоком уровне).

Из этого выражения определяем дополнительный объем речного стока в год

$$M = 1,02 + 0,06 \cdot 56,3 = 1,02 + 3,83 = 2,81 \text{ тыс. м}^3 \text{ речного стока в год дает 1 га леса.}$$

Минимальная ставка платы за сверхлимитный забор воды для Московского региона 305 руб./тыс. м³. Дополнительный объем воды, поступающий в систему водоснабжения Тульской области, оценивается так: 305 руб. \times 2,81 = 857 руб./га в год. Капитализированная стоимость функций лесов по регулированию речного стока оценивается в 857 руб. /0,1 = 8 570 руб./га. В пересчете на площадь лесов музея-заповедника 232 га \times 8 570 руб. = 1 988 240 руб.

Кроме дополнительного объема речного стока, наличие высокой лесистости заповедной территории исключило необходимость затрат на ликвидацию следующих негативных явлений: попадание в водный объект вредных веществ и отходов с водосборной площади, размыв берегов, изменение русла рек [3], которые наблюдались в прошлом.

Заинтересованной стороной и потребителем услуги по сохранению водоохранной и стокорегулирующей функций лесов «Ясной Поляны» является Тульское управление ЖКХ, которое может финансировать проект в соответствии с Федеральной целевой программой «Развитие водохозяйственного комплекса России в 2012–2020 г.г.».

2. Предотвращение эрозии почв (защита почв от деградации) и сохранение природных ландшафтов. В данном случае определяется косвенная стоимость предотвращения эрозии почв с применением доходного подхода.

При оценке рыночной стоимости земельного участка учитывается необходимость поддержания почвенного плодородия посредством применения определенных требований к способам ведения сельскохозяйственного производства.

Согласно данным [1], недобор урожая составляет:

– на слабосмытых почвах – 10–30 %;

- на среднесмытых почвах – 30–50 %;
- на сильно смытых почвах – 50–80 %.

Интенсивность эрозии находится в прямой зависимости от крутизны склона: с повышением крутизны резко возрастает скорость воды и ее кинетическая энергия, способность разрушать почву и перемещать твердый сток [4].

На территории музея-заповедника преобладают покатые и сильнопокатые склоны с крутизной до 15–20°. Овраги, балки и лощины расчленяют территорию; степень ее расчлененности выражается коэффициентом расчлененности для зоны риска ($K=0,3-0,7 \text{ км/км}^2$).

По некоторым данным [1], 1 га природно-антропогенных ландшафтов, представляющих собой лесные экосистемы, с вероятностью 80 % предотвращает эрозию на 0,5 га. Это значит, что на территории музея-заповедника эрозия почв исключается на площади около 200 га. При урожайности зерновых в центральной части России 14–30 ц/га и средней реализационной цене 750 руб./ц (цены 2012 г.) (по данным Института конъюнктуры аграрного рынка ИКАР на 23.08.2012. Доступно на <http://www.zerno.avz.ru>) потери урожая снижаются на $0,5 \times 22 \text{ ц/га} \times 750 \text{ руб.} = 0,5 \times 16500 \text{ руб./га} = 8250 \text{ руб./га}$.

Следовательно, функция лесных экосистем по защите почв от деградации за год оценивается в $8250 \text{ руб./га} \times 0,5 = 4125 \text{ руб./га}$. При ставке дисконтирования, равной 0,1, капитализированная стоимость будет равна $4125 \text{ руб./га} : 0,1 = 41\,250 \text{ руб.}$

В пересчете на площадь, где эрозия исключена на территории музея-заповедника, эта сумма будет равна $41\,250 \text{ руб./га} \times 200 \text{ га} = 8\,250\,000 \text{ руб.}$

3. Снижение загрязнения атмосферы (газофильная и газопоглощающая функции лесов). Газопоглощающая способность древесных растений зависит от их газоустойчивости [9]. В насаждениях поглощающая способность определяется составом пород, полнотой, бонитетом, степенью облиствленности крон, длительностью вегетации. На поглощение загрязнителей оказывают влияние климатические условия, сте-

пень загрязнения атмосферного воздуха и процессы переноса загрязнителей [10]. Поэтому в расчетах поглотительной способности насаждений и ее экономической стоимости будем исходить из данных, приводимых для модельного леса.

Для оценки текущих затрат по созданию искусственных (промышленных) аналогов, замещающих функции лесов по очищению атмосферного воздуха, воспользуемся данными для территории Московского региона [6].

Согласно этим данным, 1 га хвойного леса задерживает 40 т пыли, 400 кг сернистого ангидрида, 100 кг хлоридов, 20–25 кг фторидов; 1 га дубовых лесов – 54 т пыли.

Согласно данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования [3], удельные текущие затраты на охрану атмосферного воздуха по отраслям экономики находятся на уровне: для химического производства – на 1 тонну уловленных загрязняющих атмосферу веществ 930 руб./т. Отсюда услуги лесов по улавливанию промышленной пыли (взвешенных веществ) оцениваются так:

для хвойных лесов – $40 \text{ т} \times 930 \text{ руб.} = 37\,200 \text{ руб.};$

для дубовых лесов – $54 \text{ т} \times 930 \text{ руб.} = 50\,220 \text{ руб.}$

По данным лесоустройства 1965 г. [2], площадь хвойных лесов в Ясной Поляне составляет 11,52 га, площадь дубовых и смешанных с липой 98,98 га; следовательно, услуги лесов по улавливанию пыли (без березняков) составляют по хвойным насаждениям 428 544 руб., по дубовым и смешанным с липой – 4 820 116 руб.

Для получения значения текущей стоимости (капитализированной величины) функции лесов по очищению от промышленной пыли применим прием дисконтированных затрат за бесконечный период времени

$$v = v_0 / e,$$

где v – текущая стоимость функций лесов по очищению атмосферы;

v_0 – величина экономии текущих издержек по очистке воздуха;

e – ставка дисконтирования (или коэффициент капитализации), равная 0,1.

Текущая стоимость функций лесов Ясной Поляны по очищению атмосферы (газо-фильтрующая роль) от промышленной пыли (взвешенных веществ) равна $5\,248\,660 / 0,1 = 52\,486\,660$ руб.

Пылеосаждающая способность лесов музея-заповедника достаточна для улавливания вредных веществ (твердых соединений).

Ущерб от техногенного влияния (антропогенный отпад деревьев, преждевременное старение деревьев и понижение устойчивости к другим негативным явлениям – климатическим, влиянию вредных насекомых и патогенов) и затраты на восстановление нарушенного состояния окружающей среды должны компенсироваться платежами за экосистемные услуги (очистку атмосферы) в экологический фонд или созданием очистных устройств для снижения уровня токсикантов, превышающих нормативы ПДК-лес.

За основу расчета поглотительной способности газовых токсикантов лесными экосистемами принимаем методику О.В. Чернышенко, основанную на физиологическом принципе поглощения и связывания газов [9].

Исследованием установлена скорость поглощения сернистого газа ($\text{мг}/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$) компонентами (листья, хвоя, почва) модельной экосистемы и на этой основе рассчитана поглотительная способность 1 га модельного леса по компонентам (листья, хвоя, почва, снег).

Временные показатели функционирования компонентов экосистемы, типичные для изучаемого региона: лиственный лес поглощает 120 дней, хвойный лес – 240 дней, почва – 180 дней, снеговой покров – 55 дней.

Расчетная поглотительная способность 1 га леса ($\text{кг}/\%$) при концентрации SO_2 в воздухе – $2,0 \text{ мг}/\text{м}^3$ (6–7 ПДК-лес) равна по компонентам:

- 1) листья – $302/4,95$;
- 2) хвоя – $100,8/1,7$;
- 3) почва – $5530/93,63$;
- 4) снег – $275/4,5$.

При снижении концентрации SO_2 до уровня ПДК-лес относительная поглотительная роль продуцентов увеличивается в 3–5 раз.

Для условий музея-заповедника, где уровень загрязнения атмосферы этим токсикантом

примерно равен ПДК-лес, роль растительности повышается примерно в 3 раза.

Почвы активно адсорбируют SO_2 благодаря высокому содержанию органического вещества, высокому значению рН, наличию CaCO_3 , влажности и присутствию почвенных организмов.

Сделаем расчет на общую площадь лесов музея-заповедника, за исключением участков старовозрастных березняков – «Старой Абрамовской» и «Старой Митрофановской посадок» и «Елочек за Чепыжом», которые сильно ослаблены и у которых, естественно, резко снижена способность поглощения газов. Функция лесов музея-заповедника по очистке воздуха от двуокиси серы характеризуется следующими данными:

- лиственный лес – $211 \text{ га} \times 0,9 \text{ т} \times 0,3 = 57 \text{ т}/\text{год}$;
- хвойный лес – $11,5 \text{ га} \times 0,3 \text{ т} \times 0,7 = 2,4 \text{ т}/\text{год}$;
- почва – $230 \text{ га} \times 5,5 \text{ т} \times 0,5 = 632,5 \text{ т}/\text{год}$;
- лес + почва = $691,9 \text{ т}/\text{год}$.

Услуги от функции поглощения лесами SO_2 – $59,4 \text{ т} \times 930 = 55\,242$ руб., для почвы $632,5 \text{ т} \times 930 = 588\,225$ руб.

Текущая стоимость функции поглощения SO_2 – $643\,467/0,1 = 6\,434\,670$ руб.

Судя по полученным расчетам, леса музея-заповедника способны поглощать эмиссию двуокиси серы, поступающую от промышленных предприятий. Оценка услуг по очищению атмосферы от NO_x , CO , фторидов, формальдегида требует дополнительных данных.

Однако следует учесть, что поглотительная способность древесных растений резко отличается по годам, и в условиях сильного загрязнения атмосферного воздуха (в десятки и сотни раз выше ПДК-лес) она равна 0, но при этом повышается роль почвы. Поэтому все расчеты экономической стоимости газопоглотительной способности лесов требуют внимательного отношения. Но даже при неполной оценке газопоглотительной способности ее можно сравнивать с выгодами от репрофилирования.

Многочисленными наблюдениями установлено (Лесная энциклопедия, 1985), что

благодаря адсорбированию и поглощению лесами токсикантов дальность распространения сокращается примерно в 2 раза по сравнению с открытым пространством. Таким образом, потребителем услуг газопоглотительной функции лесов (чистый воздух) является население Щекинского и других районов, а также природные объекты музея-заповедника.

Исходя из проделанных расчетов, суммарная капитализированная оценка косвенной стоимости использования лесных экосистем, выполняющих природоохранные функции по очищению атмосферы, предотвращению эрозии почвы и регулированию стока, равна $58\,921\,330 \text{ руб.} + 8\,250\,000 + 1\,988\,240 \text{ руб.} = 69\,159\,570 \text{ руб.}$

Данная величина получена при использовании ставки дисконтирования, равной 0,1. Она может быть принята за безрисковую ставку, применяемую при оценке коммерческих проектов.

4. Оценка рекреационного потенциала музея-заповедника. Площадь лесов, наиболее пригодных для рекреации, составляет 180 га с учетом зоны реки Воронки (10 га). Здесь проходит большая часть экскурсионных маршрутов всероссийского значения и есть зона отдыха. На левом берегу реки Воронки лесные участки менее посещаемы, но служат в то же время убежищем для диких животных (зайцев, лис, косуль, лосей), способствуя их расселению на территории.

Исследованиями установлено, что антропогенный комплекс вызывает ослабление экосистем (вытаптывание и уплотнение почвы, уничтожение подроста и подлеска, снижение прироста деревьев, повышение отпада деревьев), которое осуществляется в форме 5 стадий дигрессии леса (ОСТ-100-95).

Исходя из опыта экономической оценки рекреационной функции леса, обычно рекомендуется использовать метод прямых общественных издержек, определяемых администрацией музея-заповедника с учетом укрупненных показателей затрат по восстановлению лесной и нелесной растительности [3].

5. Оценка эффективности культурного туризма. Музей-заповедник за время его

существования посетило несколько десятков миллионов человек, получив услуги, которые можно классифицировать как «культурный туризм». Посещение природно-культурных объектов мирового значения (музей-заповедник, его филиалы) и литературные туры по территории Московской, Тульской, Орловской, Брянской и Смоленской областей высоко ценятся туристами.

При данном подходе используется метод нерыночной прямой оценки на основе транспортно-путевых затрат, рекомендованный Департаментом ООН по экономической и социальной информации и анализу политики (Комплексный экологический и экономический учет..., 1994; цит. по Экономика сохранения..., 2002). Метод применялся при оценке рекреационного потенциала Куршской косы (Калининградская область), когда ценность услуг определялась по величине затрат, которые посетители несут на посещение объекта.

Для определения ущерба от рекреации в стоимостном выражении можно использовать «Методику оценки последствий рекреационного лесопользования» (2000 г.) с комплексной оценкой рекреационного потенциала насаждений. Система показателей по группам оценки (привлекательность, комфортность, устойчивость) дает возможность определять объемы затрат на возмещение ущерба в соответствии с расходами, которые необходимы для полного восстановления исходных оценочных показателей после рекреационного воздействия.

6. Сотрудничество с бизнесом. Одним из доступных вариантов такого сотрудничества является продажа торговой марки особо охраняемой природной территории (ООПТ) – экологического имиджа. Рынок «брендов» ООПТ входит в число быстро растущих мировых рынков. Производитель ставит на свою продукцию торговую марку, показывая ее тем самым на рынке как «экологически чистую». Объединенная компания «Щекиноазот», продукция которой ориентирована на 70 % на внешний рынок, имея торговую марку от музея-заповедника, была бы более успешной в конкурентной борьбе на рынках Запада. А

музей-заповедник мог бы получить дополнительное финансирование для сохранения уникальных объектов.

Музей-заповедник оказывает экосистемные услуги на протяжении 150 лет не только на своей территории, но и на сотни километров вокруг нее, имея большой гуманитарный потенциал как международный научно-просветительский центр и способствуя социально-экономическому развитию территории [8]. Поэтому в договорном процессе по оценке природных и культурных услуг и в разработке механизма экологических платежей должны принять участие представители властных структур (Правительство РФ, администрация Тульской области и Щекинского района), промышленных предприятий и администрации музея-заповедника.

Правовой базой для платежей за экосистемные услуги является федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», Налоговый кодекс РФ от 5 августа 2000 г. № 117-ФЗ, федеральный закон от 5 февраля 2007 г. № 12-ФЗ «Об основах туристической деятельности в РФ», Водный кодекс РФ от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ, а также законодательство на местном уровне.

Плата пользователями за природные ресурсы музея-заповедника включает платежи (ПЭУ) за экосистемные регулирующие и культурные услуги (сохранение природно-культурного наследия, рекреационный потенциал), что явится дополнительным источником финансирования деятельности музея-заповедника. Пошаговая методика внедрения ПЭУ заключается в следующем:

- составление музеем-заповедником обоснования по решению природоохранных задач и социально-экономическому развитию территории;

- создание рабочей группы из заинтересованных сторон по разработке механизма платежей и определение необходимых ресурсов;

- определение организационной и финансовой формы ПЭУ;

- создание совета или рабочей группы по управлению проектом ПЭУ.

Признание и понимание ценности природы означает, что сегодня мы можем принимать решения, социальную значимость которых будем пожинать не только в настоящем, но и далеко в будущем.

Библиографический список

1. Бабина, Ю.В. Методические вопросы определения экономической оценки ООПТ по эффективности выполнения основных природоохранных функций / Ю.В. Бабина, Н.Д. Михайлова // Вестник МГУ. – Серия 6. Экономика, 1997. – № 3. – 101 с.
2. Леса Ясной Поляны. – Пушкино, ВНИИЛМ, 2006. – 191 с.
3. Показатели затрат по восстановлению нарушенного состояния окружающей среды / Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. Методическая разработка ФГУП ФЦГС «Экология», www.ecoinfo.ru
4. Родин, А.Р. Лесомелиорация ландшафтов: учебник / А.Р. Родин, С.А. Родин. – М.: МГУЛ, 2007. – 165 с.
5. Смит, Х.У. Лес и атмосфера. Взаимодействие между лесными экосистемами и примесями атмосферного воздуха. Пер. Н.Н. Наумовой под ред. А.С. Керженцева / Х.У. Смит. – М.: Прогресс, 1985. – 429 с.
6. Смирнов, В.И. Охрана окружающей среды при проектировании городов / В.И. Смирнов, В.С. Кожевников, В.М. Гаврилов. – Л.: Стройиздат, 1981. – 49 с.
7. Толстой, И.В. Свет Ясной Поляны / И.В. Толстой. – М.: Молодая гвардия, 1986. – 297 с.
8. Толстой, В.И. Мы не музей про Льва Толстого / В.И. Толстой // Жизнь в усадьбе. – 2004. – № 2.
9. Тюрин, И.В. Опыт классификации лесных площадей водоохранной зоны по их водоохранной роли / И.В. Тюрин // Исследования по лесному хозяйству. – 1949. – Вып. 26. – С. 5–56.
10. Чернышенко, О.В. Использование данных о поглотительной способности урбоэкосистемы в прикладных аспектах / О.В. Чернышенко // Вестник МГУЛ–Лесной вестник. – 2000. – № 6(15). – С. 33–37.
11. Экономика сохранения биоразнообразия / Под ред. А.А. Тишкова. – М.: Проект ГЭФ «Сохранение биоразнообразия Российской Федерации», Институт экономики природопользования, 2002. – 604 с.
12. Экономика экосистем и биологического разнообразия (ЭЭБР) для тех, кто определяет политику. Пер. с немецкого. Печать (Вельзель-Хардт), Весселинг, Германия, 2009. – 48 с.
13. ТЕЕВ – The economics of Ecosystems and biodiversity for National and International Policy Makers – Summary: Responding to the Value of Nature, 2009.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

М.Д. ГИРЯЕВ, *зав. каф. лесоустройства и охраны леса МГУЛ, д-р с.-х. наук,*
 В.В. ЗАВАРЗИН, *проф. каф. лесоустройства и охраны леса МГУЛ, канд. с.-х. наук,*
 Н.Г. ИВАНОВ, *доц. каф. лесоустройства и охраны леса МГУЛ, канд. с.-х. наук*

caf-lesustr@mgul.ac.ru

Площадь лесов Московской области – 2 млн га. Основные лесообразующие породы: береза (40 %), ель (25 %), сосна (20 %), осина (9 %). Леса зеленых зон занимают 52 % общей площади, лесопарковых зон – 30 %, леса первого и второго поясов зон охраны источников питьевого и хозяйственного назначения – 13 %. Подмосковные леса имеют природоохранное, экологическое и рекреационное значение. Ежегодный текущий прирост насаждений составляет 6 млн м³, который может изыматься выборочными рубками согласно лесоводственным требованиям. Однако после принятия Лесного кодекса РФ (2006 г.) рубка спелых, перестойных древостоев и проходные рубки ухода в лесах Московской области практически не проводились.

По результатам последнего лесопатологического мониторинга, насаждения, поврежденные короедом-типографом, выявлены на площади 40,2 тыс. га (10 млн. м³).

Территориальной основой лесоправления Московской области являются 19 лесничеств, состоящих из 279 участковых лесничеств.

В целях интенсификации ведения лесного хозяйства, улучшения санитарного состояния лесов и повышения доходности от них требуется принять сбалансированное решение в вопросах совершенствования организации лесоправления и лесопользования, определение приоритетных целей и задач лесоправления как информационной основы устойчивости управления лесами и лесопользования на принципах непрерывности и неистощимости использования всех лесосырьевых ресурсов.

Действующее лесное законодательство и опыт регулирования лесных отношений в субъектах РФ после принятия Лесного кодекса РФ (2006 г.) позволяют предложить сле-

дующие основные направления совершенствования лесоправления, ведения лесного хозяйства и использования лесов в Московской области.

Лесоправление

Необходимо создать в Московской области около 40 лесничеств. В составе лесничеств сохранить все участковые лесничества.

Увеличить численный состав лесничеств. В каждом участковом лесничестве должно быть не менее 5 лесных инспекторов.

Каждое лесничество необходимо рассматривать как территориальный орган Правительства Московской области.

Лесничий и его помощник должны входить в состав государственных служащих Московской области.

Эффективное принятие решения по использованию, охране, защите и воспроизводству лесов зависит от статуса областного управления лесами. Предлагается создать вместо Комитета лесного хозяйства Минэкологии Московской области Министерство лесного хозяйства.

Функциональные задачи лесничеств

Лесничество является объектом проведения лесоправления за счет средств федерального бюджета и бюджета Московской области. По лесничеству при лесоправлении определяется и утверждается расчетная лесосека – норма заготовки древесины. При лесоправлении разрабатывается лесохозяйственный регламент лесничества, являющийся основным документом организации ведения лесного хозяйства и использования лесов. При лесоправлении в каждом участковом лесничестве разрабатывается и устанавливается на одной геоинформационной основе

совмещенная лесотаксационная и картографическая база данных.

Должностные лица лесничества

– организуют проведение работ по использованию, охране, защите и воспроизводству лесов на основе лесоводственных требований, договоров аренды лесных участков и договоров купли-продажи;

– ведут учет лесных деклараций арендаторов, договоров купли-продажи и обеспечивают контроль на соответствие их законодательным и лесоводственным требованиям;

– осуществляют государственный лесной контроль и государственный пожарный надзор в лесах;

– проводят работы по администрированию платежей, взимаемых с лесопользователей за использование ими земель лесного фонда;

– участвуют в проведении лесоустроительных работ;

– вносят текущие изменения и актуализируют в реальном режиме времени лесотаксационную и картографическую базу данных лесоустройства на основе геоинформационной системы и данных дистанционного мониторинга;

– ведут лесной реестр лесничеств;

– оказывают помощь арендаторам в вопросах использования лесов и ведения лесного хозяйства;

– ведут работу с населением по разъяснению лесоводственной и экологической политики в использовании лесов;

– создают и обеспечивают работу школьных лесничеств.

Профессиональные требования

– Лесничий – высшее лесное образование, стаж работы в лесном хозяйстве не менее 5 лет.

– Участковый лесничий – высшее лесное или среднее специальное лесное образование.

Необходимо организовать повышение квалификации работников лесного хозяйства и обеспечить в Московском государственном университете леса целевую подготовку сту-

дентов для работы в лесном хозяйстве Московской области.

В программу повышения квалификации «Особенность организации лесоуправления и использования лесов Московской области» целесообразно включить следующие дисциплины:

– Лесное законодательство в сфере регулирования лесных отношений.

– Организация использования лесов с учетом действующего лесного законодательства.

– Основные положения государственной инвентаризации лесов.

– Классические основы и современные проблемы лесоустройства.

– Особенности таксации лесов Московской области.

Организация ведения лесного хозяйства

В 2010 г. в Лесной кодекс РФ были внесены изменения, которые предусматривают, что работы по тушению лесных пожаров и отдельные меры пожарной безопасности в лесах выполняют специализированные государственные бюджетные и автономные учреждения без аукционов и по госконтрактам.

Необходимо внести изменения в Лесной кодекс РФ 2006 г. и предусмотреть для этих государственных учреждений право проведения лесохозяйственных работ без аукциона за счет бюджетных средств в неарендованных лесных участках:

– отвод лесосечного фонда для заготовки древесины в перестойных, спелых, приспевающих и средневозрастных древостоях;

– проведение сплошных и выборочных санитарных рубок в насаждениях, поврежденных пожарами, ветровалами, вредителями и болезнями;

– ведение рекреационной деятельности на лесных участках, переданных государственным учреждениям в постоянное (бессрочное) пользование, в целях организации для населения отдыха, туризма, физкультурно-оздоровительной и спортивной деятельности;

- выращивание в питомниках сеянцев и саженцев;
- воспроизводство лесов;
- лесоводственный уход за лесными насаждениями.

Рекреационное использование лесов

В Московской области заключено около 1,8 тысячи договоров аренды лесных участков для осуществления рекреационной деятельности. Учитывая несовершенство законодательной базы организации арендных отношений в сфере рекреационной деятельности (коррупционная составляющая проведения аукционов, крайне слабый уровень государственного контроля за разработкой арендной проектной документации и за работой арендатора) требуется провести детальный анализ всех заключённых договоров аренды лесных участков, проектов освоения, поданных лесных деклараций, а также обеспечить всесторонний натуральный контроль каждого арендатора за выполнением условий договора и требований лесного законодательства.

Как вариант оптимизации и совершенствования рекреационной деятельности может быть рассмотрен вопрос резкого увеличения минимального размера арендной платы, устанавливаемого Правительством Российской Федерации, соответственно средней арендной платы в целом до 500 тыс. рублей за 1 га земель лесного фонда (в 3 раза от действующей).

Также целесообразно рассмотреть вопрос о приоритетной передаче государственным и (или) муниципальным учреждениям в постоянное (бессрочное) пользование (согласно Земельному кодексу РФ – в безвозмездное пользование) земель лесного фонда, примыкающих к границам г. Москвы, городов и других населенных пунктов Московской области, а также к зонам отдыха населения, для осуществления рекреационной деятельности.

Заготовка древесины

С принятием поправок в Лесной кодекс РФ в 2011 г. в лесах Московской области

разрешены только выборочные рубки в перестойных, спелых, приспевающих и средневозрастных древостоях. Сплошные рубки, как исключение, разрешены в осиновых насаждениях. В связи с этим для лесорастительных условий Подмоскovie требуется обосновать виды выборочных рубок и лесоводственные принципы их проведения. При этом необходимо, с одной стороны, обеспечить сохранение природоохранных и экологических функций лесов, а с другой – предусмотреть экономическую заинтересованность арендаторов лесных участков в проведении таких рубок.

В этих целях необходимо:

- провести обучение специалистов лесного хозяйства всех уровней лесопользования и лесопользователей методам и принципам проектирования, отвода лесосечного фонда и проведения несплошных рубок древостоев;

- провести работу с лесопользователями (коммерческими структурами) по их привлечению как арендаторов для осуществления заготовки древесины выборочными рубками и ведению интенсивного лесного хозяйства в условиях Московской области. При передаче лесных участков в аренду под заготовку древесины должен быть обеспечен приоритет лесозаготовителю-инвестору, осуществляющему глубокую переработку древесины в пределах Московской области;

- разработать экономическую политику в вопросах определения оптимального размера арендной платы (начальной цены предмета аукциона) при передаче лесных участков в аренду для заготовки древесины, а также рекреационной деятельности. При этом необходимо решить главную задачу – арендная плата от всех видов использования лесов должна превышать бюджетные затраты на ведение лесного хозяйства в Московской области.

Лесоустройство

Последнее базовое лесоустройство в Московской области было проведено в 1999–2000 гг. Проектные лесоустроительные материалы и таксационная характеристика уста-

рели и не могут быть основой планирования организации ведения лесного хозяйства и лесопользования. Более того, за последние 6 лет в состав земель лесного фонда принято около 150 тыс. га бывших колхозно-совхозных лесов, 54 тыс. га лесопарковой зоны г. Москвы. Давность лесоустройства принятых лесов составляет 15–20 лет. На основании материалов градостроительной планировки в состав земель поселений включена значительная площадь земель лесного фонда. Только в 2011 г. в состав земель города Москвы включено свыше 65 тыс. га земель лесного фонда.

Новое лесоустройство может быть проведено после формирования новой системы лесопользования с учетом оптимизации количества лесничеств, определения видов и

способов выборочных рубок заготовки древесины, а также зонирование территории Московской области по видам использования лесов на правах аренды.

Приоритетной задачей до активной передачи лесов в аренду для заготовки древесины является разработка единого для Московской области проекта противопожарного устройства лесов земель лесного фонда, лесов Министерства обороны, лесов особо охраняемых природных территорий.

Библиографический список

1. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 N 200-ФЗ (ред. от 28.07.2012).
2. Лесной план Московской области. – Т.1 – 2008.
3. Приказ Рослесхоза от 01.08.2011 N 337 «Об утверждении Правил заготовки древесины».

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОКУРОРА ПО ДЕЛАМ О ЛЕСНЫХ ПРАВОНАРУШЕНИЯХ

Ю.В. КРАСНЯКОВА, *Академия Генеральной прокуратуры РФ*

prokuratura-tver69@yandex.ru

В настоящее время вопросам соблюдения природоохранного законодательства, защиты лесов как всеобщего достояния народа уделено пристальное внимание не только общественности, но и надзирающих органов, среди которых, несомненно, особую роль играет прокуратура.

Отсутствие в стране эффективных государственных программ, направленных на защиту природных ресурсов, приводит к росту числа нарушений в сфере природопользования, повышению возможности «легального» расхищения лесных массивов. Общественные организации не в состоянии решить весь комплекс накопившихся за последнее десятилетие проблем. Действующее лесное и гражданское процессуальное законодательство едва ли не единственный механизм защиты природных ресурсов от целенаправленного уничтожения. Охрана лесных правоотношений осуществляется нормами

лесного, природоохранного, гражданского, административного, трудового и уголовного права в зависимости от объекта и тяжести совершенного правонарушения. Лесной кодекс РФ раскрывает содержание правоотношений в сфере лесного хозяйства и тем самым определяет их сущность.

Согласно ст. 100 Лесного кодекса РФ лица, причинившие вред лесам, возмещают его добровольно или в судебном порядке.

Практика прокурорского надзора за защитой прав и интересов Российской Федерации в сфере защиты природных ресурсов Прокуратуры Калининского района Тверской области свидетельствует о том, что за последний год возросло число нарушений в сфере лесопользования. И даже не по причине целенаправленного преступного уничтожения леса, а в силу наплевательского отношения к данному объекту природных ресурсов: в силу отсутствия правовых основ охраны леса в ор-

ганах местного самоуправления, надлежащего лесного контроля и т.п.

Изучение психологических закономерностей рассмотрения гражданских дел этой категории в суде дает возможность разработать рекомендации, направленные на повышение эффективности правосудия, повысить воспитательное воздействие на его участников, предупредить и пресечь дальнейшее распространение нарушений.

Многие задачи, встающие перед прокурорами при выполнении служебных функций, не имеют простого, однозначного решения, достигаемого на основе стандартного алгоритма действий. Они требуют творческого подхода, наличия у представителей данной профессии таких качеств, как развитое воображение, интуиция, эвристичность мышления. Таким образом, необходимо отметить одну крайне важную с точки зрения психологического анализа особенность труда прокуроров – творческий характер [1].

Отдельные аспекты психологической характеристики профессиональной деятельности юриста, в том числе и прокурора, нашли отражение в работах многих исследователей в области юридической психологии (А.Ф. Кони, 1913; В.Л. Васильев, 1997; Ю.В. Чуфаровский, 1998; Г.Г. Шиханцов, 1998; В.В. Романов, 2001; М.И. Еникеев, 2001; В.В. Романов, 2009; М.В. Кроз, 1999). Однако данные авторы делают акцент на изучение психологических особенностей деятельности прокурора в основном на примере его участия в рассмотрении судами уголовных дел.

Вместе с тем проблема психологических особенностей участия прокурора в гражданском судопроизводстве, а в особенности по такой мало исследованной категории дел, как нарушения в сфере природопользования (лесонарушения), освещается в юридической психологии фрагментарно, раскрываются лишь ее отдельные типовые аспекты, что не позволяет представить всю сложность и многогранность деятельности прокурора в суде при рассмотрении гражданских дел.

В научных кругах широко освещены психологические проблемы, возникающие в деятельности прокурорских работников

при участии в уголовном судопроизводстве, подробно рассмотрены основные психологические моменты участия прокуроров в различных категориях уголовных дел, даны рекомендации по подготовке к судебному разбирательству уголовных дел, ведению судебных допросов, по выступлениям в судебных прениях, влияние выступления прокурора в суде на оценку судом доказательств при вынесении решения. Относительно же участия прокурора (его помощников) в рассмотрении судами гражданских дел указанной категории рекомендации и наставления специалистов отсутствуют. Проблема психологических аспектов участия в гражданском судопроизводстве прокурорских сотрудников до настоящего времени не разработана.

Психология рассмотрения любого гражданского дела в суде исследует закономерности, связанные с психической деятельностью всех лиц, участвующих в нем, а также имеет целью воспитательное воздействие на всех участвующих в процессе лиц, восстановление социальной справедливости.

Гражданский процессуальный кодекс РФ определяет основные этапы и содержание участия прокурора по делам о защите Российской Федерации, но обходит вопросы психологической и этической культуры, которые позволяют разобраться в нравственной основе процессуальных норм.

Многие прокуроры не уделяют должного внимания подготовке к участию в судебном разбирательстве по делам о лесонарушениях. Однако для участия в таких делах прокурор должен осмыслить и проанализировать всю имеющуюся в гражданском деле информацию, оценить имеющиеся доказательства и на этой основе разработать стратегию и тактику своего участия в суде. Если не уделить стадии досудебной подготовки дела достаточного внимания, то, как показывает практика, непосредственно в судебном разбирательстве возникают трудности оценки имеющихся доказательств в полном объеме, сложности при формулировании вопросов участникам процесса, установлении психологического контакта с участни-

ками процесса, вследствие чего невозможно получить у него необходимую достоверную информацию.

Необходимо иметь в виду, что доказательств по делам о лесонарушениях базируются, в основном, на актах, составленных территориальными участковыми лесничествами. Данные документы ввиду отсутствия надлежащего оформления (отсутствие точного установления местоположения участка лесного фонда, на котором осуществлено лесонарушение, сведения о сути совершенного лесонарушения, собственнике – правообладателе соседнего земельного участка с участком лесного фонда, неточное указание и описание места совершения и выявления правонарушения) являются оспоримыми доказательствами, допустимость и относимость которых определяется непосредственно судьей в процессе.

Ввиду указанных недостатков в оформлении документов, являющихся основой в делах рассматриваемой категории, перед сотрудником прокуратуры стоит задача восполнения указанных недочетов и обращения их в свою пользу.

В связи с этим профессиональная деятельность прокурора в судебном заседании по данной категории дел перемещается в область психологических взаимоотношений: установление доверительного общения с представителем ответчика по делу, органа лесного контроля, лесничества, выявление причин расхождения в оценке произошедшего теми или иными лицами и многие другие вопросы, касающиеся материальной стороны дела о лесонарушении.

Практика Калининского районного суда Тверской области свидетельствует о том, что не каждый сотрудник прокуратуры может достаточно уверенно участвовать в делах о нарушении в сфере лесного хозяйства. Связано это со спецификой указанной категории дел, отсутствием необходимых знаний, должной подготовки, психологическими особенностями конкретного сотрудника, его способностями к коммуникативному общению и установлению с доверительного контакта с участниками процесса.

Показательным является гражданское дело по взысканию ущерба, причиненного участку лесного фонда собственником соседнего участка сельскохозяйственного назначения при оформлении прудового хозяйства.

Согласно акту обследования лесного участка в составе земель лесного фонда от 19.03.2012 на земельном участке, расположенном в районе д. Раслово сельского поселения Калининского района, были произведены земляные работы с использованием тяжелой техники. В результате на участке лесного фонда Петровского участкового лесничества на площади 2,0 га, примыкающей к земельному участку собственника, был складирован верхний слой грунта.

В материалах гражданского дела рассматриваемого судом по иску прокурора района отсутствовали сведения о примыкании спорного земельного участка, на котором выявлено лесонарушение, непосредственно к участку лесного фонда. Акт обследования, составленный лесничеством, содержал лишь схематичную зарисовку выявленного лесонарушения без привязки его к местности. Ответчик иск категорически не признавал, указывая, что лесонарушение совершено не им и не в результате разработки его земельного участка.

В рамках рассмотрения данного дела в суде прокурором помимо использования знаний лесного, гражданского процессуального законодательства были использованы и знания юридической психологии. Приступив к допросу ответчика по делу и установив с ним психологический контакт, прокурор направил свое внимание на установление оснований приобретения ответчиком прав на земельный участок, установив, что участок был образован путем выдела земельных долей ранее существовавшего колхоза. Впоследствии, запросив карты расположения выделяемых участками долевой собственности земельных паев, установили, что спорный земельный участок действительно примыкает непосредственно к землям Петровского участкового лесничества.

Особенность профессии прокурора состоит в том, что он постепенно формирует

определенные знания о человеческой психике, заставляя оперировать положениями так называемой практической психологии и быть в какой-то мере осведомленными в этой области. Каждое новое дело для прокурора представляет собой новую задачу. Чем меньше шаблонов в подходе к делу, тем более вероятен правильный исход в поисках истины[2].

Поняв, что прокурор действительно заинтересован в установлении реальной картины произошедших событий, ответчику по делу задали вопрос о причинах совершения лесонарушения.

Собственник участка пояснил суду, что он примерно год назад предоставил свой земельный участок в аренду фирме по выращиванию картофеля, о том, что на его земле будет прудовое хозяйство, он не знал.

Судебный процесс, инициированный прокурором, дал ему возможность обратиться со встречным иском к арендатору о взыскании ущерба и ликвидации последствий правонарушения.

По ходатайству прокурора суд отложил рассмотрение гражданского дела на месяц. По истечении установленного срока складированный грунт на участке лесного фонда был вывезен, работы по лесовосстановлению проведены арендатором.

С учетом добровольного выполнения всех ранее заявленных требований прокурор ходатайствовал о прекращении дела. Указанное ходатайство было удовлетворено судом.

Для установления истины по гражданскому делу необходимо учитывать не только весь спектр приложенных к иску доказательств, но и принимать во внимание мнение и позицию сторон по делу, уметь установить комфортную для противоборствующей стороны обстановку, в целях восполнения недостатков доказательственной базы, а также разрешения существующего конфликта мирным путем.

Использование знаний юридической психологии не только облегчает подготовку к рассмотрению указанной категории дел, способствует даче правильного и объективного заключения по ним, но и повышает уровень профессионализма и статус прокурора по сложным процессам.

Библиографический список

1. Кроз, М.В. Система психологической оценки прокурорских работников: дисс. ... канд. психол. наук: 19.00.06 / М.В. Кроз. – М., 1999. – 240 с.
2. Васильев, В.Л. Юридическая психология. 6-е изд., перераб. и доп. / В.Л. Васильев. – СПб.: Питер, 2009. – 608 с.

РЕЗОНАНСНЫЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ ЛЕСОМАТЕРИАЛА ПО ЗОНАМ РАДИУСА

А.А. КОЛЕСНИКОВА, доц. каф. д/о пр-в МарГТУ, канд. техн. наук,
Л.Г. АЛЕКСАНДРОВА, студент л/н ф-та МарГТУ

antonina.dop@rambler.ru

Повышение эффективности использования лесных ресурсов является одной из основных задач развития лесного комплекса России [1].

Для прогнозирования свойств древесины готовых заготовок необходимо учесть изменение показателей свойств лесоматериала в процессе сушки.

Для сертификации резонансного сырья на корню [2, 3], а также в круглых лесоматериалах [4, 5] наиболее приемлемым является неразрушающий ультразвуковой метод.

Цель статьи – определить закономерности изменения показателей свойств древесины лесоматериала в процессе сушки.

Еловый чурак длиной 500 мм, диаметром 120 мм, заготовленный из штабеля открытого хранения летом, испытывался в процессе естественного высыхания. Длина чурака измерялась линейкой с точностью до 0,01 мм, диаметр – в двух взаимноперпендикулярных направлениях штангенциркулем с точностью 0,05 мм, масса чурака – на весах с точностью 1 г, время прохождения ультразвука с точностью 0,1 мкс в заболонной, спелодревесной зоне и зоне сердцевины по двум взаимноперпендикулярным направлениям.

Показатели свойств определялись в процессе сушки до комнатно сухого состояния. По измеренным данным определялась влажность лесоматериала W , %, плотность ρ , кг/м³, скорость распространения УЗВ вдоль волокон v , м/с, акустическая константа K , м⁴/(кг с).

На основании полученных в процессе эксперимента значений в программной среде *CurveExpert* [4] получены зависимости показателей от времени сушки.

Зависимость диаметра, массы и влажности от времени сушки характеризуются общим уравнением (1), параметры которой приведены в табл. 1

$$y = a \exp(-b t). \quad (1)$$

С изменением времени естественного высыхания в течение 22 суток диаметр, масса, плотность и влажность лесоматериала уменьшаются линейно. При изменении влажности лесоматериала от 35 до 10,1 % частичная усушка по диаметру составила 4 %, относительное изменение массы 18,5 %, плотности 11,9 %

Влияние времени сушки на акустическую константу и скорость распространения УЗВ вдоль волокон характеризуются общей формулой (2), параметры которой приведены в табл.2, графики на рис. 1.

$$y = a \exp((-b x) + cx^d \exp(-e x)). \quad (2)$$

По рис. 1 характер изменения двух показателей идентичный. Скорость ультразвука, учитывающая время прохождения УЗВ по длине чурака, можно определить для любой зоны по радиусу, не разрушая древесину, не учитывая ее плотность, и принять в качестве основного показателя.

Зависимости скорости прохождения УЗВ v , м/с, от времени естественной сушки τ , сутки, для различных зон описывается общей формулой (3), табл. 3

Т а б л и ц а 1

Параметры формулы (1) для лесоматериала

Показатели	Коэффициент корреляции	Параметры формулы	
		a	B
d , см	0,98	120,71404	0,0019243608
m , кг	0,88	3,1754546	0,0079060321
ρ , кг/м ³	0,67	552,7804	-0,0034799536
W , %	0,92	27,382049	0,064049773

Параметры формулы(2)

Показатели	Параметры формул				
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>E</i>
<i>v</i> , м/с	2267,4247	-0,13791013	40,890787	1,8388779	-0,057858081
<i>K</i> , М ⁴ /(кг·с)	4,0883241	-0,14345198	0,071850201	1,8572138	-0,062282869

Параметры формулы (3) для зон по радиусу

Параметры	Сердцевинная	Спелодревесная	Заболонная
<i>a</i>	2618,278	2888,127	3847,756
<i>b</i>	38,15066	21,42742	46,84495

Скорость УЗВ при разной влажности по зонам радиуса

Время сушки <i>τ</i> , сутки	Влажность <i>W</i> , %	Спелодревесная					Заболонная			
		Сердцевина 1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	35,0	2605,3	2788,8	2729,6	2840,8	2758,8	3451,7	3097,9	2789,2	3987,3
9	14,9	3088,9	3245,3	3073,0	3201,6	3048,5	4670,8	3963,2	4738,2	4570,5
22	10,1	3312,3	3404,4	3151,4	3552,2	3153,2	4799,4	4608,8	4879,5	4642,7
32	5,1	2969,1	3128,9	3140,7	3125,0	3259,5	5549,4	5263,2	5524,9	5291,0

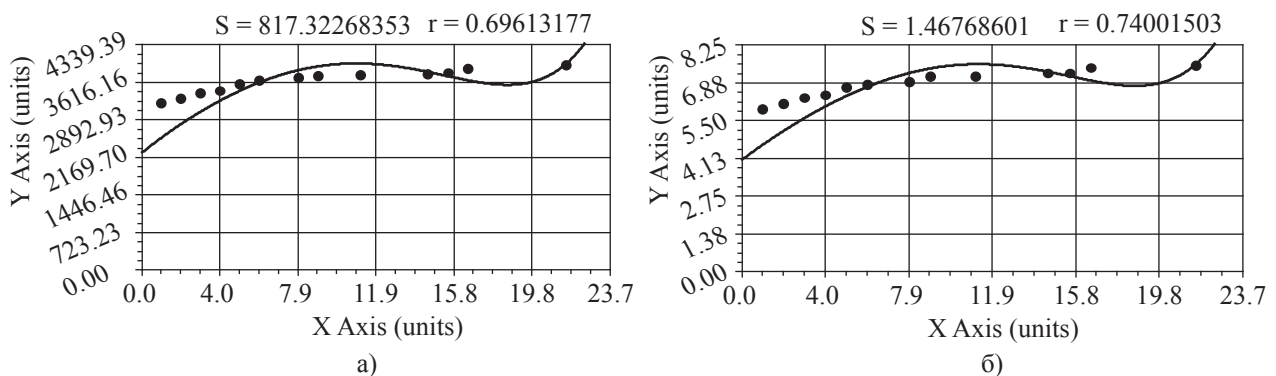


Рис. 1. Изменение скорости ультразвука (а) и акустической константы (б) в зависимости от времени сушки

$$y = a + bx. \quad (3)$$

Скорость УЗВ в процессе удаления влаги из сердцевинной и спелодревесной зоны увеличивается постепенно, а в заболонной зоне при резком удалении влаги в течение первых шести суток резко увеличивается, в последующем практически не меняется (рис. 2).

Значения скорости УЗВ в заболонной зоне также резко отличаются от значений внутренних зон радиуса, табл. 4.

Графики зависимости для первого и тридцать второго дня представлены на рис. 3

По значениям табл. 4 и графикам рис. 3 заметна значительная разница значений

скорости УЗВ вдоль волокон древесины заболонной и спелодревесной зон как во влажном, так и комнатно-сухом состоянии. В процессе удаления свободной влаги (а) в заболонной зоне наблюдается разброс значений скорости, а в комнатно-сухом состоянии древесины скорость УЗВ во всех точках заболонной зоны почти одинакова (б).

При различных показателях свойств древесины заболонной и спелодревесной зоны трудно определить акустическую константу, оценивающую резонансные свойства древесины по радиусу чурака для разных зон. Из формул (1) и (2) можно найти переходное уравнение от скорости к акустической конс-

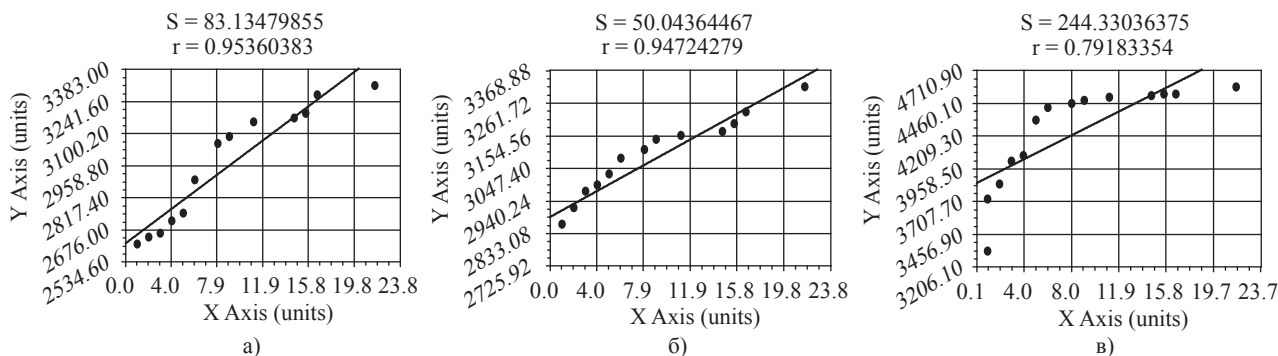


Рис. 2. Изменение скорости УЗВ по зонам: а) сердцевины; б) спелодревесной; в) заболонной; в зависимости от времени сушки

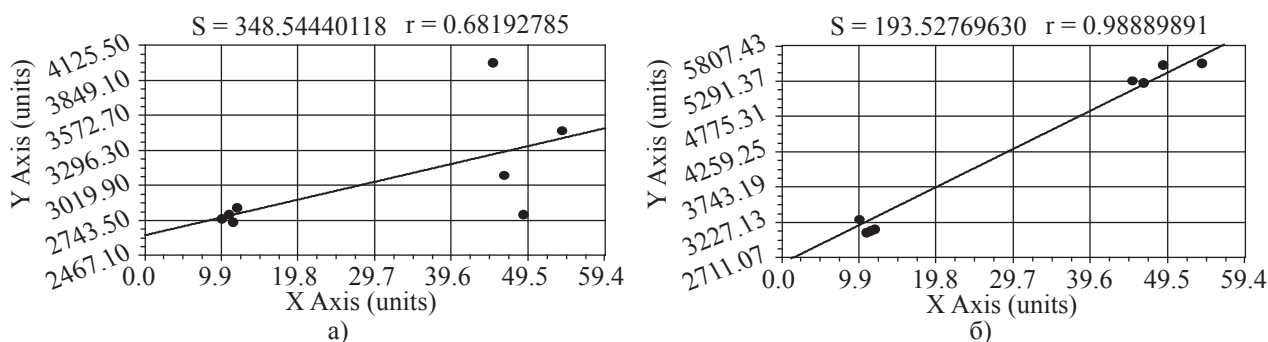


Рис. 3. Изменение скорости УЗВ вдоль волокон по радиусу – от сердцевины к заболонной зоне: а) в первые сутки при $W=35\%$; б) в тридцать вторые сутки при $W=5,1\%$

танте, которая будет для исследуемого чурака в виде

$$P_{v/k} = v/K = 554,609822 \exp(-0,9613679\tau) + 569,111658\tau^{0,9901272} \exp(-0.92895658\tau). \quad (4)$$

По переходному уравнению можно вычислить изменение акустической константы в процессе естественной сушки

$$K = v/P_{v/k} = v/554,609822 \exp(-0,9613679\tau) + 569,111658\tau^{0,9901272} \exp(-0.92895658\tau). \quad (5)$$

При учете лучшей древесины с акустической константой выше $12 \text{ м}^4/(\text{кг}\cdot\text{с})$ по формуле (5) можно оценить качество резонансной древесины для разных зон.

Выводы

1. Полученные формулы зависимости позволяют прогнозировать изменение параметров лесоматериала и показателей свойств в процессе сушки.

2. При ультразвуковых испытаниях и использовании по назначению необходимо учесть разность свойств древесины по зонам радиуса.

3. Для оценки акустических свойств лесоматериала по зонам радиуса достаточно

определить скорость прохождения УЗВ через древесину.

Библиографический список

1. Бурдин, Н.А. О стратегических направлениях развития лесного комплекса Российской Федерации / Н.А. Бурдин // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2008. – № 5. – С. 7–12.
2. Федюков, В.И. Ель резонансная: отбор на корню, выращивание, сертификация / В.И. Федюков. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1995. – 112 с.
3. Колесникова, А.А. Исследование свойств древесины по кернам: Научное издание / А.А. Колесникова. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. – 178 с.
4. Пат.2224415 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 G 23/00, G 01 N 33/46. Способ ультразвукового испытания технической древесины / Мазуркин П.М., Колесникова А.А., Ефимов А.А. (РФ); заяв. и патентообл. Марийск. гос. тех. ун-т. – № 2002116084/12; заявл. 18.06.02; опубл. 27.02.04, Бюл. № 6.
5. Пат. 2284032 Российская Федерация, МПК G 01 N 33/06/ A 01 G 23/00 (2006/01)/ Способ ультразвукового испытания древесины круглых лесоматериалов/ Мазуркин П.М., Ефимов А.А. (РФ); заяв. и патентообл. Марийск. гос. тех. ун-т. – № 2005102960/12; заявл. 07.02.05; опубл. 20.09.06, Бюл. № 26.

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ НА АКУСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ

Н. БЪРДАРОВ, доц. каф. механической технологии древесины Лесотехнического университета, г. София, Болгария

niki_bardarov@abv.bg

Акустические свойства древесных материалов проявляются при воздействии механических волновых колебаний. Древесина уникальна тем, что характеризуется одновременно как высокими упругими свойствами, так и высоким затуханием. Упругие свойства древесины зависят от наличия в ней клеточных стенок, в то время как затухание зависит от полостей клеток. Вот почему эти свойства находятся в сильной зависимости от ее строения. Древесину, имеющую хорошие акустические свойства и применяемую в производстве музыкальных инструментов, принято называть резонансной. Важное значение

имеет соотношение между поверхностными и объемными волнами. Это соотношение изменяется очень сильно при лакировании древесины.

Резонансный метод исследования акустических свойств древесины позволяет испытывать образцы с длинами, приближающимися их к деталям музыкальных инструментов. Кроме того он позволяет испытывать образцы до и после лакирования. При определении акустических свойств образцы очень сильно резонируют, т.е. амплитуда колебаний становится максимальной в диапазоне частот 4300–4500 Гц.

Исследуемая древесина или была раскроена на образцы с размерами (r, t, l) – 15×15×600 мм. Все они сохранялись в закрытом и отапливаемом помещении в течении 10 лет. Масса пробных тел была определена с точностью до 0,01 кг, а размеры поперечного сечения – с точностью до 0,1 мм [1]. Были изготовлены образцы для трех размерных групп с поперечным сечением: 15×15, 10×10 и 5×5 мм. Образцы, кроме контрольных, были покрыты однокомпонентным полиуретановым лаком.

Образцы были распределены на 3 группы в зависимости от их плотности: первая группа – с плотностью от 350 до 400 кг/м³, вторая – от 401 до 450 кг/м³ и третья от 451 до 500 кг/м³. Распределение по группам имело цель – сравнение показателей акустических свойств, поскольку ранее было показано, что эти показатели выше у древесины с большей плотностью [2].

Акустические свойства определены с помощью аппаратуры резонансным методом (рис. 1). Испытания проводились путем возбуждения в образце продольных колебаний электромагнитным способом. Поскольку древесина относится к диамагнетикам, на торцы образца наклеивали ферромагнитные

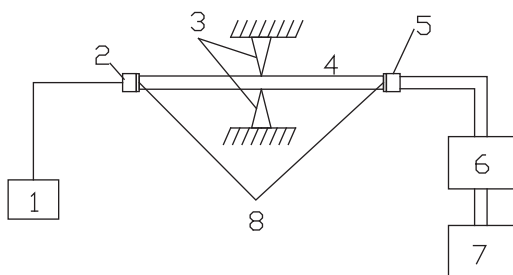


Рис. 1. Схема устройства для определения акустических свойств древесины резонансным методом: 1 – генератор звуковой частоты, 2 – преобразователь, 3 – зажимное устройство, 4 – образец, 5 – приемник, 6 – милливольтметр, 7 – измеритель частоты, 8 – ферромагнитные пластинки

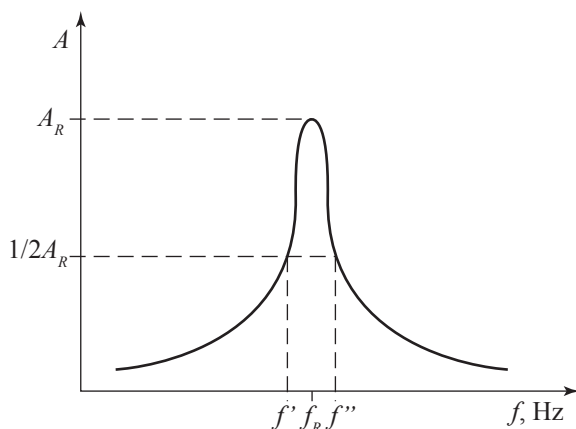


Рис. 2. Определение резонансной и поддерживающих частот колебаний

пластинки. Образец захватывается посредине длины, поскольку там амплитуда колебаний равна нулю. Генератор (1) возбуждает электромагнитные колебания в диапазоне от 1 до 10 кГц. Эти колебания передаются образцу (4) через преобразователь (2) и ферромагнитную пластинку (8). Механические колебания образца с ферромагнитной пластинкой (8) преобразуются приемником (5), в электрические сигналы, напряжения и частота которых измеряются милливольтметром (6) и частотомером (7).

Так измеряли амплитуды A и частоты f , необходимые для построения резонансной кривой (рис. 2).

Были определены плотность образцов (ρ , кг/м³), размеры поперечного сечения и количество лака. Были исследованы показатели резонансной частоты (f_0 , Гц) и амплитуды колебаний (A_0 , мВ). Кроме того, наблюдались и поддерживающие частоты (f' , Гц, f'' , Гц) и их амплитуды ($A' = A'' = A_0/2$, мВ). Исследованные частоты колебания f_0 были измерены с точностью до 50 Гц. Амплитуда колебания A_0 и $A_0/2$ была измерена с точностью до 1 деления.

На основании полученных данных были вычислены скорость звука (v , м/с), динамический модуль упругости (E , ГПа) и акустическая константа (K , м⁴/(кг·с)). Вычисленная скорость звука определялась с точностью до 1 м/с. Динамический модуль упругости E определялся с точностью 0, 1 Н/мм², акустическая константа K определялась с точностью 0, 1 м⁴/(кг·с) [5].

Влияние лакирования на резонансную частоту f_0 образцов показано на рис. 3. Кроме того, здесь отражено и влияние поперечных размеров образцов. Первые три столбца диаграммы относятся к натуральной древесине, т.е. нелакированным образцам. Можно видеть, что чем меньше размеры поперечного сечения образцов, тем меньше резонансная частота.

Резонансная частота снижается примерно на 850 Гц. Дело в том, что при уменьшении размеров сечения увеличивается плотность образцов, т.к. в процессе изготовления образцов меньших размеров, вероятно, отде-

ляется в основном более рыхлая, ранняя древесина.

В наших исследованиях было показано, что нанесение каждого слоя лака также повышает плотность образцов. Следовательно, можно было ожидать снижения резонансной частоты при увеличении количества слоев лака [1, 2].

Однако у образцов первой размерной группы (поперечное сечение 15×15 мм) она немного превышает 4500 Гц и при лакировании изменяется незначительно. Уменьшение не достигало 100 Гц для образцов с трехслойным покрытием лаком. У образцов второй группы (с размерами 10×10 мм) уменьшение резонансной частоты более заметно. Наибольшее снижение наблюдается у образцов третьей группы (сечение 5×5 мм). Совместное влияние уменьшения сечения образцов и увеличения количества нанесенного лака приводит к тому, что разница между резонансными частотами образцов первой и третьей размерной группы у образцов с трехслойным лаковым покрытием почти вдвое больше, чем у нелакированных образцов. Это можно объяснить процентным соотношением массы лака к общей массе образцов. Так, например, у первой группы нанесение лака в три слоя повысило общую массу на 6,3 %, а уменьшение резонансной частоты составило 83 Гц. У второй группы нанесение одного слоя лака изменило массу пробных тел на 9,2 %, а уменьшение составило 120 Гц. Аналогичные результаты были получены в исследовании деки [3]. Точное определение этого влияния можно проверить экспериментально в диапазоне поперечного сечения от 15×15 мм до 10×10 мм.

На динамический модуль упругости E натуральной древесины переход от образцов 1-й группы к образцам 2-ой группы не оказывает существенного влияния. Однако при переходе к образцам 3-ей группы величина E резко уменьшается (примерно с 12,5 до 9 ГПа). Наблюдается слабая тенденция к повышению E при увеличении количества слоев лака у образцов 2-ой группы. У образцов 3-ей группы этот показатель при лакировании практически не изменяется.

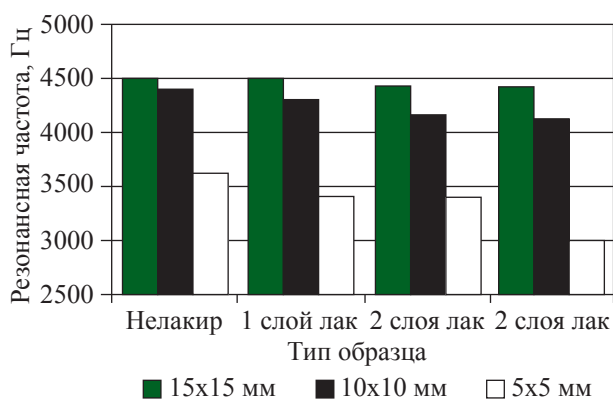


Рис. 3. Зависимости резонансной частоты от размеров образцов и количества слоев лака

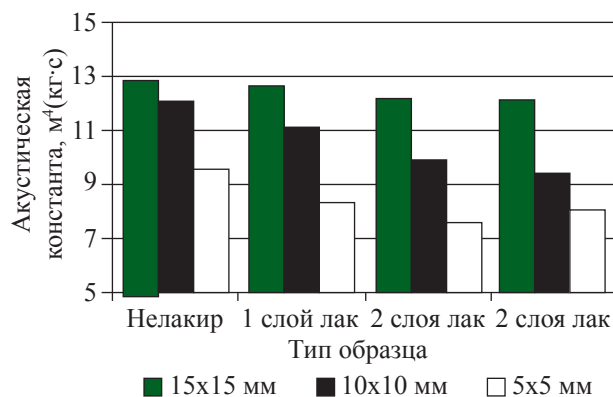


Рис. 4. Зависимости акустической константы от размеров образцов и количества слоев лака

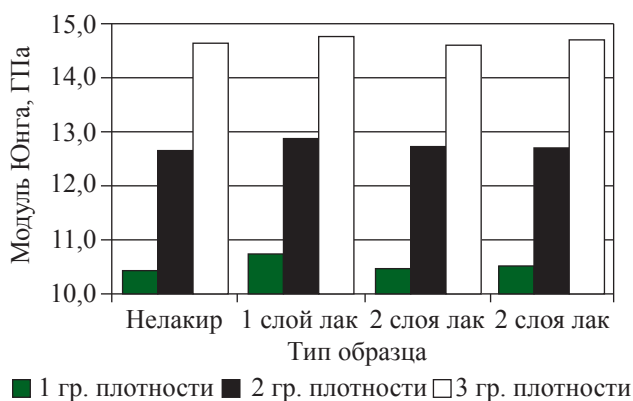


Рис. 5. Зависимости динамического модуля упругости от плотности образцов с размерами сечения 15×15 мм

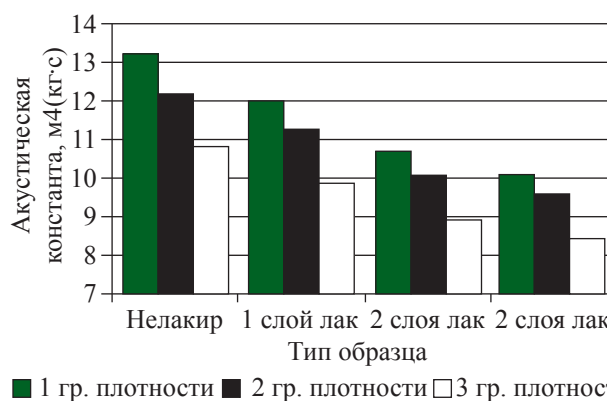


Рис. 6. Зависимости акустической константы образцов с размером сечения 10x10 мм от плотности и количества слоев лака

Влияние лакирования и размеров образцов на акустическую константу отражено на рис. 4. Первые три столбца диаграммы относятся к натуральной древесине, т.е. нелакированным образцам. Можно видеть, что уменьшение размеров образцов приводит к снижению величины акустической константы.

Это согласуется с рис. 3, где также у натуральной древесины показано снижение резонансной частоты, вызывающее падение скорости звука и, следовательно, акустической константы K .

Лакирование образцов снижает акустическую константу. Можно заметить, что нанесение одного слоя лака на образцы первой группы оказывает влияние меньше, чем однослойное лакирование образцов третьей группы.

Увеличение количества слоев лака у образцов всех трех групп приводит к суще-

ственному уменьшению акустической константы. При этом разница в значениях K образцов первой и третьей размерных групп, наблюдаемая у натуральной древесины, сравнительно мало изменяется. Таким образом, в представленных зависимостях акустических констант от количества слоев нанесенного лака основную роль играет так называемый масштабный фактор.

Влияние плотности древесины

Влияние плотности на резонансную частоту f_0 зависит от размеров образцов. Как уже было показано, уменьшение поперечного сечения образцов приводит к увеличению их плотности. Следовательно, при анализе влияния плотности на резонансную частоту и другие показатели акустических свойств приходится учитывать масштабный фактор.

При общей явно выраженной тенденции к снижению f_0 с увеличением плотности

ρ у каждой размерной группы образцов были обнаружены свои особенности.

Исследование резонансной частоты образцов с размерами 15×15 мм, первая группа (с плотностью от 350 до 400 кг/м³) показывает, что их средняя частота является самой низкой, в то время как у второй группы (от 401 до 450 кг/м³) она самая высокая (рис. 5). У образцов с размерами 10×10 мм распределение более упорядочено, при этом самая низкая величина наблюдается у первой группы, а самая высокая – у третьей (от 451 до 500 кг/м³).

Влияние плотности на динамический модуль упругости (модуль Юнга E) показано на рис. 5. Здесь представлены результаты, относящиеся к образцам с размерами 15×15 мм. Можно видеть значительное и примерно одинаковое увеличение динамического модуля упругости E у образцов натуральной древесины и лакированных образцов с повышением плотности. Подобные зависимости наблюдаются и у остальных образцов.

Влияние плотности на акустическую константу K отражено на рис. 6.

Полученные данные о динамическом модуле упругости испытанных образцов позволяют провести анализ влияния плотности на K . У нелакированной, натуральной древесины, как и следовало ожидать, увеличение плотности образцов вызвало падение K . На рис. 6 показаны акустические константы для образцов 2-ой размерной группы. Можно видеть, что лакирование образцов приводит к равномерному снижению K с увеличением количества нанесенных слоев. Наблюдавшийся у натуральной древесины перепад акустической константы K при изменении средней плотности в диапазоне 375–475 кг/м³ составил примерно 17 % от исходной величины $K = 13,2 \text{ м}^4/(\text{кг}\cdot\text{с})$.

Перепад K практически не изменился у образцов с одно-, двух- и трехслойным лаковым покрытием. Однако совместное влияние двух факторов: увеличение количества слоев и повышение плотности образцов – вызвало синергетический эффект. Перепад K у наиболее плотных образцов с трехслойным

лаковым покрытием оказался примерно вдвое больше, чем у натуральной древесины.

Проведенный нами анализ влияния лакового покрытия и размеров поперечного сечения образцов на акустические свойства древесины ели позволяет сделать следующие выводы.

– Снижение резонансной частоты при уменьшении размеров поперечного сечения образцов, вероятно, связано с уменьшением доли ранней древесины.

– Увеличение отношения массы лака к общей массе образцов снижает скорость звука.

– Разность между показателями акустических свойств нелакированных и покрытых одним слоем лака меньше, чем между показателями образцов с однослойным и двухслойным лаковым покрытием.

– Образцы с размерами поперечного сечения 5×5 мм реагируют менее адекватно на изменение исследуемых факторов.

– Для более точного определения влияния лакового покрытия на акустические свойства древесины лучше использовать образцы с размерами поперечного сечения в диапазоне от 8×8 до 16×16 мм.

Библиографический список

1. Блъскова, Г. Изследване на акустичните свойства при надлъжни и напречни вълни в смърчова дървесина / Г. Блъскова, Н. Тричков, Н. Бърдаров и др. // Сб. науч. трудов международной конференции «50 лет университету леса». – София: ЛТУ, 2000. – С. 104–108.
2. Бърдаров, Н. Изучение влияния лака на акустические свойства древесины / Н. Бърдаров, Н. Тричков, А. Сиракова // Сб. науч. трудов «Инновации в лесной промышленности и инженерного проектирования». – София: ЛТУ, 2010. – С. 104–108.
3. Бърдаров, Н., Наков Ал. Изследване на влиянието на ребрата върху акустичните свойства на декове за китари / Н. Бърдаров, Ал. Наков // Сб. науч. трудов «Инновации в лесной промышленности и инженерного проектирования» – София: ЛТУ, 2011. – С. 93–97.
4. Федюков, В.И. Ель резонансная: отбор на корню, выращивание, сертификация: научное издание / В.И. Федюков. – Йошкар-ола: МарГТУ, 1998. – 204 с.
5. Bucur V. Acoustics of wood ISBN TA420.B9 by CRC Press Inc, 1995.

СОБСТВЕННЫЕ НУЖДЫ ГРАЖДАН В ДРЕВЕСИНЕ: ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЕ

И.Ю. ХАРЛОВ, филиал ФГУ ВНИИЛМ Сибирская ЛОП, канд. с.-х. наук,
Е.В. ПОСТОВАЛОВ, филиал ФГУ ВНИИЛМ Сибирская ЛОП

sfes@bk.ru

В Российской Федерации с незапамятных времен древесина является предметом потребления граждан и используется ими в целях отопления, возведения строений и иных собственных нужд.

На протяжении многих десятилетий вплоть до 2007 г. на государственном уровне существовала система мелкого отпуска леса на корню [1]. Основным документом в имущественных отношениях между государством и гражданином являлся ордер на мелкий отпуск леса, возлагавший на гражданина обязанности по заготовке древесины, включая рубку деревьев и их вывозку, а также очистку мест рубок от порубочных остатков. Государство же в лице лесхозов при условии соблюдения гражданином требований, указанных в ордерах на мелкий отпуск древесины на корню, гарантировало восстановление лесов после их рубки.

Максимально допустимый объем древесины, разрешаемый к заготовке, составлял 50 м². От имени государства в лице продавца выступали структурные подразделения лесхозов – лесничества в лице лесничих. Разрешение для выдачи ордеров гражданам лесничества получали в форме лесорубочных билетов, выдаваемых им ежегодно лесхозами.

Однако в 2007 г. в связи с изменениями в лесном законодательстве Российской Федерации система мелкого отпуска древесины по причине исключения лесхозов из системы управления лесами и их преобразованием в Тю-

менской области в хозяйствующие субъекты утратила свою легитимность [2, 3].

Древесина же, как и ранее, согласно действующему лесному законодательству Российской Федерации является товаром, а отношения, связанные с ее оборотом, регулируются гражданским законодательством [2, 4], то есть понятие «отпуск древесины на корню», и к нему, в силу его специфичности, применимы нормы лесного законодательства (рисунок).

С 01.01.2007 г. в лице продавца согласно переданным Российской Федерацией «лесным полномочиям» стали выступать субъекты Российской Федерации, а покупателями – граждане, со всеми вытекающими обязанностями и последствиями как для продавца, так и для покупателя [2, 5].

Примерная форма договора купли-продажи лесных насаждений, пришедшего на смену лесорубочному билету и ордеру на мелкий отпуск древесины на корню, утверждена уполномоченными органами исполнительной власти Российской Федерации в 2007 и 2009 гг. [5, 6]. Однако указанная форма договора купли-продажи лесных насаждений применима к договорам, заключаемым по результатам аукционов по продаже права на их заключение.

Наряду с этим субъекты Российской Федерации имеют право на установление в своих региональных законах нормативов и порядка заготовки древесины гражданами для собственных нужд [2].

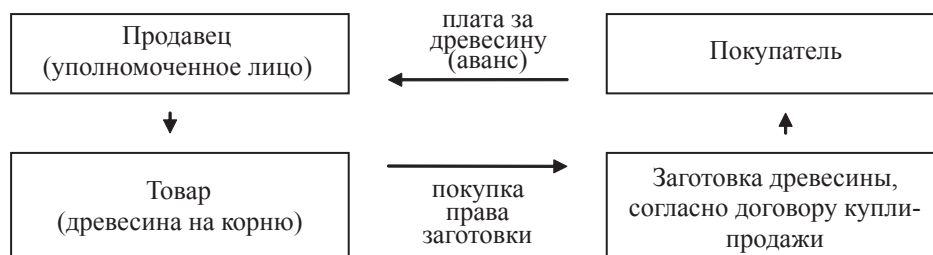


Рисунок. Схема отпуска древесины на корню как товара

Отвод и таксация лесосек в Российской Федерации

Виды учета	Наставление по отводу и таксации лесосек в Российской Федерации (1993)			Правила заготовки древесины (2007)	
	Сплошные рубки	Выборочные рубки	Мелкий отпуск древесины на корню	Сплошные рубки	Выборочные рубки
По площади	+	–	–	+	–
По числу деревьев, назначенных в рубку	–	+	+	–	+
По количеству заготовленных лесоматериалов	–	+	+	–	–

Таким образом, регионы имеют возможность при разработке своих «лесных законов», регулирующих заготовку древесины гражданами в целях отопления, возведения строений и иных собственных нужд, в порядке правопреемственности использовать опыт предшествующих поколений лесоводов [2] в части, не противоречащей действующему законодательству [3].

Наиболее приемлемым в этом отношении для субъектов РФ является «Наставление по отводу и таксации лесосек в лесах РФ» [7], особенно при определении качественных (породный состав, товарная структура) и количественных характеристик (объем, стоимость) древесины и ее идентификации на местности (границы вырубki деревьев), исходя из способа учета древесины (таблица).

В настоящее время «лесные законы» субъектов РФ в большей своей части регламентируют порядок заключения договора купли-продажи лесных насаждений и заготовки древесины, дублируя федеральные нормативные правовые акты [5, 6, 8], не уделяя внимания региональным аспектам учета древесины как товара, являющегося объектом имущественных отношений. Вследствие чего возникают конфликты как с гражданами при заключении договоров купли-продажи лесных насаждений и исполнении их условий, так и с Рослесхозом при осуществлении контроля и надзора за исполнением субъектами РФ переданных Российской Федерацией «лесных полномочий».

Наиболее проблемны с позиции организации использования лесов:

1. Форма договора купли-продажи лесных насаждений для собственных нужд граждан дублирует «аукционный договор» и

не применима для собственных нужд граждан, что отрицательно сказывается на документообороте (значительно возросло количество документов и их объем (в 5–7 раз)), а также при решении имущественных споров.

Кроме этого, в некоторых субъектах на каждый участок внутри лесосеки оформляется план лесосеки с угломерной съемкой и привязкой каждого участка, составляются технологические карты на разработку лесосек площадью, не превышающей 0,1 га.

2. Отсутствие обоснованного регионального порядка отпуска древесины гражданам при заключении договоров купли-продажи лесных насаждений, что значительно усложнило процедуру подготовки и передачи лесных насаждений в рубку. Подготовленная и отграниченная лесосека для удовлетворения собственных нужд граждан напоминает «лесное кладбище» в виде частокола лесосечных столбов, сопровождающих граждан как памятка при рубке деревьев. Указанный частокол деляночных столбов помимо нерациональности использования древесины препятствует активному лесовосстановлению.

3. Не установлен порядок приема-сдачи мест рубок лесных насаждений по окончании заготовки древесины.

Граждане обязаны осуществлять сдачу мест рубок по окончании вывозки древесины и очистки мест рубок лесничествам ввиду того, что они подлежат лесовосстановлению в сроки, установленные нормативными правовыми актами, а также согласно требованиям лесохозяйственных регламентов лесничеств.

Для эффективной реализации полномочий РФ регионами необходимо решить следующие задачи:

1. Регулирование заготовки древесины гражданами для собственных нужд необходимо рассматривать в контексте правоприменительности мелкого отпуска древесины на корню, существовавшего в России до 2007 г., то есть с соответствующими ему видами учета древесины при таксации лесосек в процессе подготовки к заключению договора купли-продажи лесных насаждений для собственных нужд граждан.

2. Форма договора купли-продажи лесных насаждений для собственных нужд граждан должна устанавливаться субъектами Российской Федерации с учетом законодательства о местном самоуправлении в Российской Федерации и административно-территориального устройства регионов.

3. Требования к заготовке древесины гражданами для собственных нужд должны устанавливаться лесохозяйственными регламентами лесничеств и неукоснительно соблюдаться гражданами при заготовке древесины:

а) запрет на сплошные рубки лесных насаждений, обеспеченные молодняком и подростом главных пород, а также выборочные рубки деревьев при уходе за лесами;

б) сроки заготовки древесины зависят от доступности мест рубок и способа лесовосстановления;

в) обязательная сдача мест рубок лесничествам по окончании вывозки древесины и их очистки лесничествам ввиду того, что они подлежат лесовосстановлению государством в сжатые сроки.

4. Отказаться от постановки столбов к каждому пеньку и угломерной съемки границ, снизить объем документооборота, что позволит значительно сократить трудовые затраты и повысить эффективность управления лесными ресурсами, а также финансовых вложений.

Библиографический список

1. Правила отпуска древесины на корню в лесах Российской Федерации. – Утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 06.01.1998. – № 551.
2. Лесной кодекс Российской Федерации. – Федеральный закон от 04.12.2006. – № 200-ФЗ.
3. О введении в действие Лесного кодекса Российской Федерации. – Федеральный закон от 04.12.2006. – № 201-ФЗ.
4. Гражданский кодекс Российской Федерации. Часть 2. – Федеральный закон от 26.01.1996. – № 14-ФЗ.
5. О договоре купли-продажи лесных насаждений, расположенных на землях, находящихся в государственной или муниципальной собственности. – Утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 26.06.2007. – № 406.
6. Порядок подготовки и заключения договора купли-продажи лесных насаждений, расположенных на землях, находящихся в государственной или муниципальной собственности, и примерной формы договора купли-продажи лесных насаждений. – Утвержден Приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 08.02.2010. – № 33.
7. Наставление по отводу и таксации в лесах Российской Федерации. – Утверждено приказом Федеральной службы лесного хозяйства России от 15.06.1993. – № 155.
8. Правила заготовки древесины. – Утверждены Приказом Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 16.07.2007. – № 184.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОСОБЕННОСТЕЙ СУЧКОВАТОСТИ ПИЛОВОЧНОГО СЫРЬЯ ПРИ РАСКРОЕ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

В.С. ШАЛАЕВ, *проф. каф. технологии лесопиления и деревообработки, д-р техн. наук,*
С.Н. РЫКУНИН, *зав. каф. технологии лесопиления и деревообработки, проф., д-р техн. наук*

shalaev@mgul.ac.ru

Размерно-качественные особенности древесного ствола, а соответственно и круглых лесоматериалов, формируются в течение роста дерева как живого организма, сопровождающегося его структурно-морфологическими изменениями, которые, в свою очередь,

могут быть выражены с использованием законов бионики и закономерностей безразмерных соотношений.

Анализ структурно-морфологических характеристик, их синтез с внутренней структурой дерева позволяет сделать вывод о спи-

рально-винтовом распределении сучков в теле ствола дерева [1]. С другой стороны, из многочисленных исследований ботаников, и это давно является хрестоматийным, известно о мутовчатом расположении ветвей у деревьев хвойных пород. И если наиболее распространенные российские породы: лиственница, ель, пихта – породы с нестрогим мутовчатым расположением ветвей, то сосна относится к породе со строго мутовчатым расположением ветвей [6–7]. С.П. Исаевым [1] было определено усредненное количество сучков в мутовке: для лиственницы – 3,08; для ели – 5,02; для пихты – 4,97. Для сосны этот показатель – 5–7. В этом случае явно выраженное нечетное число сучков в мутовке влияет на их неравномерное распределение вдоль оси ствола по его окружности.

Из работ Горбачевой Л.Н.[2–4], Шалаева В.С.[8–12] и др.[5, 13] школы П.П. Аксенова известно о неравномерности распределения основных по встречаемости и сортообразующему значению пороков – сучков по окружности бревна, так называемой концентрации сучков в бревнах. Это явление предопределено биологическими особенностями развития ствола растущего дерева, условиями роста, более сильным развитием ветвей в сторону наибольшего светового потока.

Исследованиям этого явления и аспектам его использования в технологии лесопиления были посвящены вышеуказанные работы, причем, в первую очередь при выработке пиломатериалов. Естественно, при этом рассматривались направления улучшения состава вырабатываемых пиломатериалов по качеству и увеличению их стоимостного, ценностного выхода за счёт ориентированной по сучкам распиловки пиловочных брёвен, когда сучки в наибольшем количестве и крупных размеров попадали бы не на кромку, а на пласти выпиленных досок. Рассматриваемое направление исследовалось и зарубежными учеными [15–19].

Вместе с тем, большая часть вырабатываемых в лесопилении пиломатериалов перерабатывается, раскраивается на пиленные заготовки и детали. В конечном итоге, за исключением производства экспортных пиломатериалов важна итоговая продукция, ее со-

став по качеству. Эта часть производственной цепочки: ствол – хлыст – пиловочное бревно – пиломатериалы – пиленные заготовки – пиленные детали, рассматривалась с упомянутой точки зрения в существенно меньшей степени. Хотя даже безотносительно к условиям и технологиям распиловки бревен при рассмотрении обычных пиломатериалов, предназначенных или не предназначенных для последующего раскроя, невооруженным взглядом можно оценить достаточно ощутимую разницу в насыщенности сучками симметричных относительно продольной оси частей пласти досок.

В этом случае рассматриваемое биологическое явление, а именно неравномерность распределения сучков по окружности бревна, так называемую концентрацию сучков в бревнах следует использовать для повышения эффективности технологии лесопиления, в первую очередь, рассматривая часть производственной цепочки: пиловочное бревно (ориентируя его при распиловке или нет) – пиломатериалы (различных категорий насыщенности сучками) – пиленные заготовки.

Здесь следует остановиться, во-первых, на классификации пиловочных бревен по типам концентрации сучков на их поверхности, которая, впрочем, была предложена еще в 70-х годах в работах Л.Н. Горбачевой и В.С. Шалаева.

1. Бревна с максимальной концентрацией сучков на поверхности одной четвертины.
2. Бревна с максимальной концентрацией сучков на поверхностях двух противоположных четвертин.
3. Бревна с максимальной концентрацией сучков на поверхностях двух смежных четвертин.
4. Бревна с концентрацией сучков на поверхностях трех четвертин.
5. Бревна с равномерным распределением сучков на поверхностях всех четвертин бревна.

Во-вторых, а это практически не рассматривалось ранее, возможно предложить некую классификацию – группы пиломатериалов по расположению сучков на их пластах:

- доски, где сучков немного и их расположение достаточно равномерное;

- сучков много и их расположение равномерное;
- сучки расположены неравномерно относительно продольной оси доски;
- сучки расположены неравномерно по длине доски.

При производстве товарных (например экспортных) пиломатериалов сравнивается их сортность при ориентированной распиловке брёвен и без ориентации. По величине ценностного выхода можно оценить эффективность от ориентирования брёвен перед распиловкой.

При выработке же заготовок их объёмный выход зависит не только от качества пиломатериалов, но и от спецификации заготовок. При этом кроме заготовки основного размера, в соответствии со спецификацией, обычно вырабатываются и короткие заготовки, а чем больше количество длин коротких заготовок, вырабатываемых вместе с основной, тем меньше требования к качеству пиломатериалов.

Для того чтобы иметь количественное представление о неравномерности распределения сучков по ширине пласти пиломатериалов и влиянии этого фактора на объёмный выход заготовок, на базе Щелковского учебно-опытного лесхоза Московского государственного университета леса в рамках магистерской работы Б.У. Алиева в 2010–11 гг. были выполнены предварительные экспериментальные исследования.

Была взята выборка в 32 сосновые доски. Относительно продольной оси их разделили условно на две части. Определялась площадь сучков на пласти каждой половины доски. В итоге сформировалось две группы половин досок: с меньшими и большими значениями площади пороков на пластах. Усредненно, группа с меньшими значениями пло-

щадь пороков составила $f_{\text{мен}} = 1,11\%$, в группе с большими значениями $f_{\text{бол}} = 2,02\%$ от общей площади пласти доски. Проверка дисперсий по критерию Фишера показала их неоднородность. При этом для всей выборки и обеих групп половин досок площадь пороков составила $f_{\text{всей}} = 1,56\%$.

Для полученных групп пиломатериалов определялся объёмный выход заготовок длиной 1000 мм двух групп качества:

- с величиной (размерами) допускаемых сучков до 0,2 ширины пласти, при ширине заготовки $b = 75$ мм;
- с величиной (размерами) допускаемых сучков до 0,5 ширины пласти, при ширине заготовки $b = 50$ мм.

Для заготовок шириной $b = 75$ мм объёмный выход P рассчитывался по также полученному ранее [14] расчетно-экспериментальным образом уравнению

$$P = 84,934 - 38,519 f, \quad (1)$$

где f – площадь пороков на пласти доски.

Для заготовок шириной 50 мм объёмный выход P рассчитывался по полученному ранее [14] расчетно-экспериментальным образом уравнению

$$P = 90,337 - 27,980 f. \quad (2)$$

Результаты расчета объёмного выхода заготовок сведены в таблицу.

Выработка заготовок может осуществляться из рассортированных по качеству пиломатериалов и нерассортированных. В рассматриваемом случае критерием оценки качества пиломатериалов при сортировке является площадь пороков на их пластах. Из приведенных данных следует:

- объёмный выход заготовок шириной 75 мм из рассортированных пиломатериалов составил 42,2%, из не рассортированных – 24,8%;
- объёмный выход заготовок шириной 50 мм из рассортированных пиломатериалов составил 33,8%, из не рассортированных – 46,7%.

Из представленных материалов следует, что расход пиломатериалов, в которых учитывается неравномерное распределение сучков по ширине пласти, может уменьшаться достаточно значительно. Естественно, при этом

Т а б л и ц а

Объёмный выход заготовок длиной 1000 мм

Площадь пороков на пластах пиломатериалов, %	Ширина заготовки, мм	Размеры допускаемых сучков в долях ширины пласти	Объёмный выход заготовок, %
1,11	75	0,2	42,2
2,02	50	0,5	33,8
1,56	75	0,2	24,8
1,56	50	0,5	46,7

следует учитывать также некие характеристики сучковатости (кромочной), вскрываемой при раскросе пиломатериалов.

Таким образом, даже из предварительного рассмотрения и многообразия вариантов-предположений следует необходимость и целесообразность проведения детальных исследований с выполнением значительного объёма экспериментальных работ и оптимизации технологических решений.

При этом в технологическом плане возможно рассматривать результаты распиловки бревен без какой-либо их ориентации перед распиловкой, а проводить оптимизацию технологии раскроса полученных пиломатериалов на заготовки заданных размеров и качества. Очевидно, для рассматриваемых четырех групп пиломатериалов возможны разные по оптимальности решения. Несмотря на обилие исследований по оптимизации раскроса пиломатериалов, рассматриваемый аспект не изучался на достаточно детальном уровне. Многообразие оптимальных вариантов существенно расширится, если учитывать технологические возможности-условия: раскроса пиломатериалов на две и более размерно-качественные группы заготовок; увеличения объемов производства клееных заготовок; сортирования пиломатериалов до их раскроса по критерию выхода основной заготовки.

Ориентированная по сучкам распиловка бревен, естественно, также даст различные для пяти предлагаемых типов бревен результаты по классификации пиломатериалов. При этом, как и в предшествующем (не ориентированном по сучкам раскросе брёвен) случае, необходимы соответствующие оптимизационные решения по каждой из групп пиломатериалов. Естественно, следует также учитывать упоминаемые ранее условия раскроса пиломатериалов на две и более размерно-качественные группы заготовок; увеличения объемов производства клееных заготовок; сортирования пиломатериалов до их раскроса по критерию выхода основной заготовки.

Выбор технологических схем, очевидно, может и должен рассматриваться не только с точки зрения выхода (как объемного, так и по стоимости), но и по трудозатратам. В этом

случае, рассматривая в совокупности эти две группы классификаций под углом повышения эффективности технологии лесопиления, возможно сформулировать весьма интересную оптимизационную задачу.

Библиографический список

1. Исаев, С.П. Формирование древесных материалов из хвойного сырья на основе учета его морфометрических характеристик: Дисс...докт. техн. наук. / С.П. Исаев. – Хабаровск, 2009. – 346 с.
2. Горбачева, Л.Н. К вопросу распределения сучков на поверхности сосновых бревен / Л.Н. Горбачева // Науч. тр. МЛТИ. – 1973. – Вып. 56. – С.27–34.
3. Горбачева, Л.Н. Особенности распределения пороков на поверхности сосновых бревен / Л.Н. Горбачева // Науч.тр. МЛТИ. – 1975. – Вып. 67. – С. 41–48.
4. Горбачева, Л.Н. Исследование влияния размерно-качественных особенностей соснового пиловочного сырья на ценностный выход пиломатериалов внутрисоюзного потребления: дис. ... канд. техн. наук / Л.Н. Горбачева, – М., 1981. – 166 с.
5. Захарьин, Г.И. Исследование зависимости выхода пиломатериалов от размерно-качественных факторов соснового пиловочного сырья и поставок: Дисс...канд. техн. наук / Г.И. Захарьин. – М., 1976. – 126 с.
6. Полубояринов, О.И. Сучковатость древесного сырья / О.И. Полубояринов. – Л.: Ленингр. лесотехн. акад., 1972. – 81 с.
7. Полубояринов, О.И. Квалиметрия древесного сырья в процессе лесовыращивания: дис. докт. с.-х. наук / О.И. Полубояринов. – Л., 1976. – 504 с.
8. Шалаев, В.С. Распределение сучков в еловом пиловочном сырье и оценка влияния ориентации бревен по сучкам при распиловке на качественный выход пиломатериалов / В.С. Шалаев // Материалы всесоюзной научной конференции «Рациональное и комплексное использование древесины в деревообрабатывающей промышленности». – Минск, 1974. – С. 62–64.
9. Шалаев, В.С. Характеристика неравномерности распределения сучков на поверхности еловых пиловочных брёвен / В.С. Шалаев // Сборник научных трудов «Технология и материалы деревообрабатывающих производств». – МЛТИ, 1981. – Вып. 117. – С. 113–116.
10. Шалаев, В.С. Математическое описание закономерности распределения сучков на поверхности еловых пиловочных брёвен (для условий европейской части СССР) / В.С. Шалаев // Сборник научных трудов «Технология и материалы деревообрабатывающих производств». – МЛТИ, 1982. – Вып. 140. – С. 78–79.
11. Шалаев, В.С. Размерно-качественные особенности древесины ели и выработка из неё пиломатериалов повышенной сортности: Дисс...канд. техн. наук / В.С. Шалаев. – М., 1984. – 245 с.

12. Шалаев, В.С. Совершенствование теории раскроя древесного сырья на пилопродукцию заданных размеров и качества: Дисс...докт. техн. наук. / В.С. Шалаев. – М., 1995. – 472 с.
13. Шалаев, В.С. Способ получения пиломатериалов из бревен / В.С. Шалаев, Г.И. Звягина, С.Н. Рыкунин. – А.С. №1142276, кл.В2711/00, 1984.
14. Рыкунин, С.Н. Рациональное использование древесного сырья в производстве заготовок: дисс. ... докт. техн. наук / С.Н. Рыкунин. – М., 1988. – 366 с.
15. Kato, K. 1976. Simulation of the yields of lumber. (1) A standard of the best method of sawing lumber from a log in consideration of knots. J. Hokkaido For. Prod. Res. Inst. 1:2–6 (in Japanese).
16. Marcel Samson. Method for Assessing the Effect of Knots in the Conversion of Logs into Structural Lumber, Wood and Fiber Science, V.22, July 1993, No.3, p.298–304.
17. M. Samson. Modelling of knots in logs. Wood Science and Technology. 27:429–437 (1993)
18. Nakata, K. 1986. Simulation of softwood-log sawing. J. Hokkaido For. Prod. Res. Inst. 3:15–22 (in Japanese).
19. Taylor Wagner, F.G., Jr., AND F.W. Taylor. 1975. Simulated sawing with a chipping headrig. Forest Prod. J. 25(10): 24–28.

КАСАТЕЛЬНАЯ СИЛА РЕЗАНИЯ ПРИ СТРОГАНИИ КРОМОК ФАНЕРЫ

И.Т. ГЛЕБОВ, доц. каф. станков и инструментов Уральского ГЛТУ, канд. техн. наук,
В.В. ГЛЕБОВ, студент магистратуры Уральский ГЛТУ

GIT5@yandex.ru, glebow90@mail.ru

Фанера – древесный материал, состоящий из нескольких склеенных листов лучшего шпона при взаимно перпендикулярном расположении волокон древесины в смежных листах. Фанера широко используется в строительстве, машино- и судостроении, домостроении, производстве мебели. При механической обработке кромки листов фанеры формируют пилением, фрезерованием, строганием, шлифованием. Однако в теории резания древесины отсутствуют сведения о режимах обработки кромок фанеры.

Целью настоящей работы является определение зависимости касательной силы резания от толщины срезаемого слоя при строгании кромок фанеры общего назначения [1] на базе проведенных теоретических и экспериментальных исследований.

Известно, что для массивной древесины единичная касательная сила резания в зависимости от толщины срезаемого слоя описывается двумя уравнениями: уравнением параболы в диапазоне микросрезаемых слоев и уравнением прямой линии в диапазоне срезаемых слоев $a = 0,1 \dots 2,0$ мм [2]

$$F_{x_1} = (p + 0,1k)(1 - 1/\lambda \cdot a^2 + \lambda + 0,2/\lambda \cdot a - 0,01/\lambda), \quad (1)$$

– для макрослоев

$$F_{x_1} = \alpha_p p + ka, \quad (2)$$

где F_{x_1} – единичная касательная сила резания, Н/мм;

p – фиктивная сила резания, Н/мм;

k – касательное давление срезаемого слоя на переднюю грань зуба, МПа;

a – толщина срезаемого слоя, мм;

α_p – коэффициент затупления режущей кромки зуба;

λ – коэффициент, мм²;

$$\lambda = \rho_0^2 + 0,2\rho_0 + 0,01,$$

где ρ_0 – начальный радиус закругления режущей кромки, мм.

При расчете режимов резания массивной древесины используют метод А.Л. Бершадского, основанный на «Общем законе резания древесины», в котором принято несколько допущений, одно из которых заключается в том, что граничное значение между микро- и макросрезаемыми слоями равно $a_0 = 0,1$ мм. Теоретическое обоснование этого значения нам неизвестно, хотя принято во многих экспериментальных исследованиях.

Предлагаемая статья подготовлена с целью вывода математической модели касательной силы резания при строгании кромок фанеры в зависимости от срезаемых слоев и получения обоснованного значения граничного значения.

Вывод расчетной формулы для микросрезаемых слоев. В диапазоне микрослоев ($0 \leq a \leq a_0$ мм) линия зависимости единичной касательной силы резания от толщины срезаемого слоя имеет параболическую форму (рис. 1). Общее уравнение параболы АЕ в осях координат F_{x1} и a

$$F_{x1} = ca^2 + da + e, \quad (3)$$

где c, d, e – параметры параболы.

Взяв первую производную функции (3) по a , и приравняв ее нулю, найдем абсциссу, а затем и ординату вершины параболы. Парабола проходит через точку Е, и вершина ее расположена в точке А.

Координаты точки А

$$a_A = 0G = a_0 = -d/2c; \quad (4)$$

$$F_{x1A} = AG = F_{xa_0} = \frac{4ce - d^2}{4c}, \quad (5)$$

где F_{xa_0} – значение касательной силы резания при толщине срезаемого слоя a_0 мм:

$$F_{xa_0} = \alpha_p p + a_0 k$$

(расчет по уравнению прямой линии АВ), где α_p коэффициент затупления режущей кромки лезвия.

Отсюда получим

$$d = -2ca_0, \quad (6)$$

$$4cF_{xa_0} = 4ce - d^2. \quad (7)$$

Точка Е, лежащая на параболе, имеет координаты

$$\begin{aligned} a_E &= -\rho; \\ F_{x1E} &= 0. \end{aligned} \quad (8)$$

Подставляя эти координаты в уравнение параболы (1), получим

$$\begin{aligned} 0 &= cp^2 - d\rho + e, \\ e &= -cp^2 + d\rho. \end{aligned} \quad (9)$$

Получена система уравнений для определения параметров c, d, e параболы

$$\begin{cases} d = -2ca_0; \\ 4cF_{xa_0} = 4ce - d^2; \\ e = -cp^2 + d\rho. \end{cases} \quad (10)$$

После решения системы уравнений получено

$$c = -\frac{F_{xa_0}}{\lambda}; \quad d = \frac{2a_0 F_{xa_0}}{\lambda}; \quad e = F_{xa_0} \left(1 - \frac{a_0^2}{\lambda}\right), \quad (11)$$

где λ – коэффициент, мм²:

$$\lambda = \rho^2 + 2a_0\rho + a_0^2,$$

где ρ – радиус закругления режущей кромки, мм.

Уравнение единичной касательной силы резания для микрослоев (по уравнению 3)

$$F_{x1} = (\alpha_p p + a_0 k) \left(1 - 1/\lambda \cdot a^2 + 2a_0/\lambda \cdot a - a_0^2/\lambda\right). \quad (12)$$

Сила резания по задней поверхности лезвия. При $a = 0$ парабола пересекает ось ординат в точке, соответствующей значению силы резания по задней поверхности лезвия. Таким образом, для лезвия

$$F_{x3} = (\alpha_p p + a_0 k) \left(1 - a_0^2/\lambda\right). \quad (13)$$

Определение граничного значения a_0 .

За базовое граничное значение можно принять $a_0 = 0,1$ мм. Однако в результате экспериментальных исследований может быть получена точка m , лежащая на графике (рис. 1) выше кривой параболы АЕ. Если вертикальную ось параболы АЕ сместить влево, то можно добиться, что линия параболы пройдет через точку m . В этом случае граничное значение будет равно $a_0 = a_{01}$.

Результаты экспериментальных исследований. Экспериментальные исследования проведены в лаборатории кафедры станков и инструментов УГЛУТУ на станке, используемом для изучения процесса строгания. Образцы фанеры размером 100×50×6 (9) мм фиксировались на тензометрическом динамометре и перемещались подвижным суппортом относительно неподвижного ножа.

Условия опытов. Скорость главного движения (скорость перемещения суппорта) $V = 0,035$ м/с, угол резания ножа $\delta = 55^\circ$, толщина срезаемого слоя $a = 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,09; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,30$ мм. Ширина строгания $b = 6$ мм (плотность фанеры $\rho = 0,77$ г/см³) и $b = 9$ мм (плотность фанеры $\rho = 0,708$ г/см³). Радиус закругления режущей кромки ножа $\rho_0 = 12$ мкм.

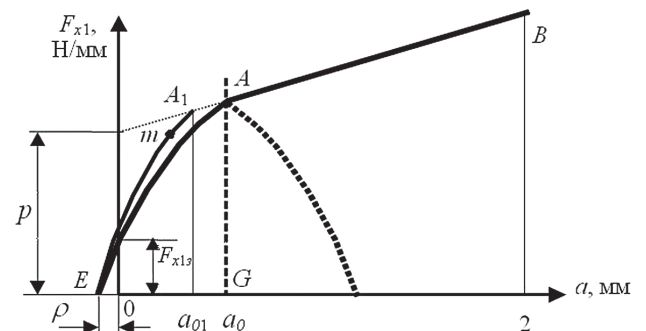


Рис. 1. Расчетная схема к определению касательной силы резания для микрослоев

Для записи и обработки данных была выбрана аппаратно-программная среда *LabView*, которая преобразует аналоговый сигнал в цифровой и позволяет создавать, хранить и обрабатывать базы данных на компьютере.

Результаты экспериментов в виде графиков представлены на рис. 2 и 3.

Кромки в зависимости от направления волокон древесины лицевого слоя фанеры назовем продольными, они параллельны направлению волокон, или поперечными, они перпендикулярны направлению волокон древесины. Кромка образуется перерезанием продольных и поперечных слоев фанеры. Если кромка продольная, то количество продольных слоев, образующих ее, на единицу больше, чем поперечных слоев. И, наоборот, в поперечной кромке количество поперечных слоев на единицу больше, чем продольных слоев. При этом при строгании продольных слоев осуществляется резание вдоль волокон, а при строгании поперечных слоев – резание

в торец. В результате этого сила резания при строгании поперечных кромок должна быть несколько больше, чем при строгании продольных кромок. Отсюда следует, что сила резания не может быть прямо пропорциональна ширине срезаемого слоя.

Графики показывают, что граничной абсциссой между кривой линией в диапазоне срезаемых микрослоев и прямой линией в диапазоне срезаемых макрослоев является абсцисса $a_0 = 0,07$ мм. Характеристика линий графиков приведена в табл. 1.

Если принять, что при строгании фанеры граничной абсциссой является $a_0 = 0,07$ мм, а сила резания не прямо пропорциональна ширине срезаемого слоя, то расчетное уравнение касательной силы резания для срезаемых микрослоев по (12) можно написать так, Н/мм:

$$F_x = (a_p p + 0,07k)(1 - 1/\lambda \cdot a^2 + 0,14/\lambda \cdot a - 0,07^2/\lambda), \quad (14)$$

где $\lambda = \rho^2 + 2a_0\rho + a_0^2$, при $\rho = 0,012$ мм и $a_0 = 0,07$ мм $\lambda = 0,006724$.

В этом уравнении значения p и k принимаются для толщины b мм, а не 1 мм.

Выполним расчеты касательной силы резания F_x для условия строгания поперечных кромок фанеры толщиной 6 мм в диапазоне срезаемых микрослоев, используя экспериментальные значения $p = 27$ Н/мм; $k = 252,39$ МПа. Тогда по формуле (14) получим данные, которые в сравнении с экспериментальными данными приведены в табл. 2.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. В фанере можно выделить продольные слои (в них осуществляется при строгании резание вдоль волокон) и поперечные слои (в них осуществляется резание в торец).

2. Результаты экспериментальных исследований показывают, что граничной абсциссой, разделяющей при строгании кромок фанеры срезаемые микрослои и макрослои является $a_0 = 0,07$ мм. В диапазоне микрослоев зависимость касательной силы резания от толщины срезаемого слоя криволинейная, параболическая, в диапазоне макрослоев – прямолинейная.

3. На основании теоретических исследований предложено уравнение (12) для рас-

Т а б л и ц а 1

Характеристика линий графиков

Толщина срезаемого слоя a , мм	Уравнение линий при строгании Кромок		Достоверность аппроксимации R^2	
	продольных	поперечных	продольных	поперечных
	$b = 6$ мм			
$a \leq 0,07$	$F_x = 152,67a^{0,4587}$	$F_x = 87,215a^{0,2542}$	0,8481	0,9969
$a \geq 0,07$	$F_x = 28 + 243,9a$	$F_x = 27 + 252,39a$	0,949	0,9674
	$b = 9$ мм			
$a \leq 0,07$	$F_x = 408,91a^{0,676}$	$F_x = 194,71a^{0,424}$	0,7913	0,7642
$a \geq 0,07$	$F_x = 57 + 150,45a$	$F_x = 47 + 222,33a$	0,6611	0,7731

Т а б л и ц а 2

Данные для анализа расчетных и экспериментальных данных касательной силы резания при строгании поперечных кромок фанеры

a , мм	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
F_x , Н, расчетное	34,0	38,7	42,0	44,0	44,7
F_x , Н, эксперим.	35,58	38,6	40,35	42,52	44,59
Погрешность, %	4,3	0,3	-4,1	-3,3	-0,2

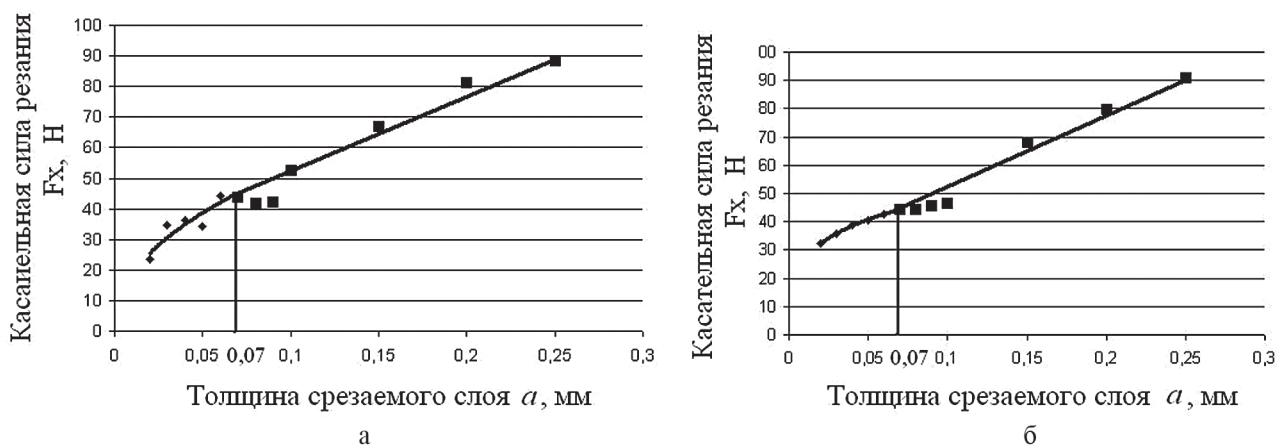


Рис. 2. Зависимость касательной силы резания от толщины срезаемого слоя при строгании кромок фанеры толщиной 6 мм: а – для продольных кромок; б – для поперечных кромок

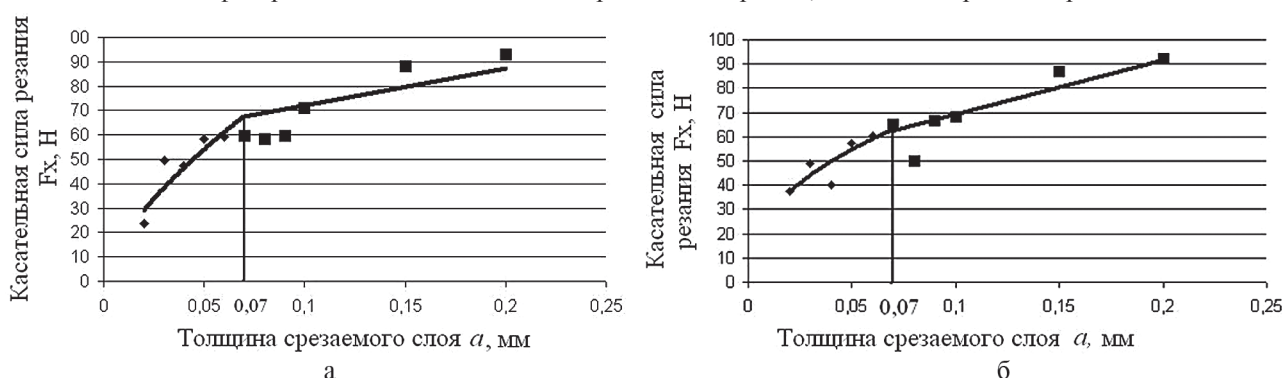


Рис. 3. Зависимость касательной силы резания от толщины срезаемого слоя при строгании кромок фанеры толщиной 9 мм: а – для продольных кромок; б – для поперечных кромок

чета касательной силы резания в диапазоне срезаемых микрослоев. Сопоставительный анализ расчетных и экспериментальных данных показал хорошие результаты. Предлагаемая расчетная формула (12) может быть рекомендована для решения практических задач.

Библиографический список

1. ГОСТ 3916.1-96. Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона лиственных пород. Технические условия. – ИПК Издательство стандартов, 1999.
2. Глебов, И.Т. Резание древесины: Учебное пособие / И.Т. Глебов. – СПб.: Лань, 2010. – 256 с.

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАПРАВЛЯЮЩЕЙ В КРУГЛОПИЛЬНЫХ СТАНКАХ

Е.Ю. КУЗНЕЦОВ, асп. каф. деревообрабатывающих производств МарГТУ

kuzeu@mail.ru

В процессе пиления древесины круглая пила испытывает напряжения в результате воздействия на нее центробежных сил инерции, неравномерности нагрева, усилий резания, проковки и вальцевания. При этом круглая пила отклоняется от плоскости вращения и теряет устойчивость, что отражается на снижении точности пиления древесины.

Наиболее эффективным средством ограничения отклонения диска пилы в осевом направлении являются направляющие [1].

Нами разработана конструкция отжимной электромагнитной направляющей, где снижение отклонения круглой пилы достигается за счет усилия притяжения, возникающего в воздушном зазоре между пилой и

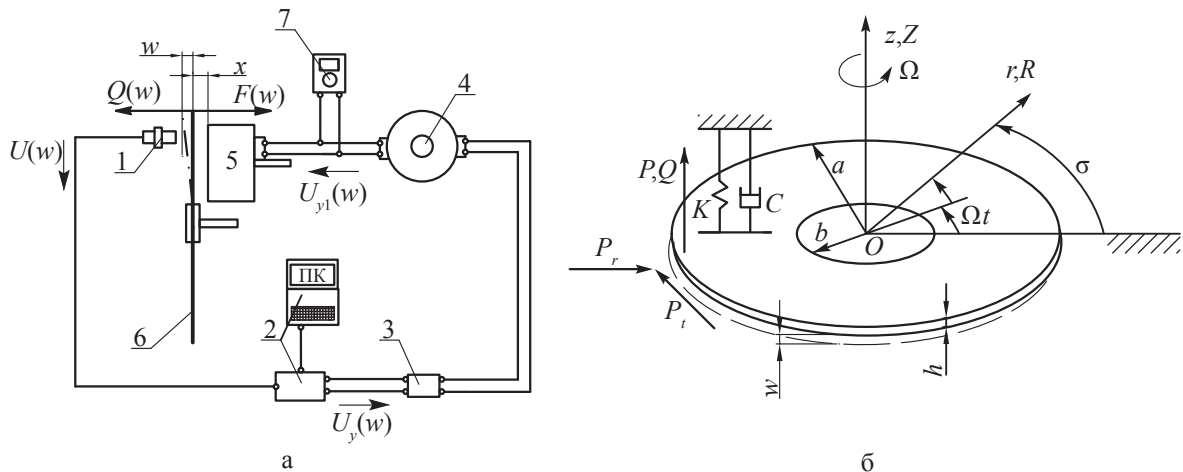


Рис. 1. Структурная схема системы управления электромагнитной направляющей (а) и система сил приложенных к диску (б)

электромагнитами в зависимости от величины и направления ее отклонения за счет автоматической системы управления [2].

Однако для системы управления электромагнитной направляющей отсутствуют зависимости между параметрами системы управления и величиной отклонения круглой пилы.

Поэтому целью работы является определение взаимодействий параметров системы управления электромагнитной направляющей с величиной отклонения круглой пилы.

Решаемые задачи: провести теоретические исследования колебаний круглой пилы, определить величину отклонений круглой пилы и действующих на нее боковых сил в процессе пиления, провести экспериментальные исследования взаимодействия параметров системы управления электромагнитной направляющей с величиной отклонения круглой пилы, определить параметры системы управления.

Система управления электромагнитной направляющей включает (рис. 1, а): 1 – датчик отклонения круглой пилы ИДА28-*U-PNP*; 2 – блок управления (устройство сбора данных *E14-140-M*, ПК); 3 – реле *GDH2538VD*; 4 – автотрансформатор *ЛАТР-1М*; 5 – электромагнит *ДКМ-020*; 6 – круглая пила $D = 0,56$ м, $h = 0,0022$ м; 7 – цифровой вольтметр *UT-106*.

План проведения исследований включает:

1. Определение величины отклонения круглой пилы w и боковой силы $Q(w)$ на ос-

новании уравнений теории резания древесины и классической теории тонких пластин с небольшими отклонениями.

2. Определение зависимости между напряжением питания электромагнита $U_{y1}(w)$ и усилием притяжения круглой пилы $F(w)$, напряжением датчика отклонения $U(w)$ и боковой силой $Q(w)$, напряжением питания электромагнита $U_{y1}(w)$ и напряжением управления реле $U_y(w)$, напряжением управления реле $U_y(w)$ и напряжением датчика отклонения $U(w)$ на основании экспериментальных испытаний.

На рис. 1, б представлена система сил, приложенных к диску. Диск толщиной h радиусом a , зафиксирован фланцами радиусом b . Диск вращается с угловой скоростью Ω , подвергается воздействию напряжений от центробежных сил инерции σ^r (1), неравномерного нагрева по радиусу диска σ^T (3) и усилий резания σ^c (2). Напряжения от усилий резания возникают в результате воздействия на диск радиальной P_y (11), касательной P_t (10) и боковой P силы резания. В этом исследовании они рассматриваются как постоянные, однако они зависят от параметров резания. Кроме того, на диск действуют упругие и демпфирующие силы, возникающие в процессе взаимодействия резца с древесиной и окружающим воздухом. Эти силы характеризуются коэффициентами жесткости K и демпфирования C . Под действием боковых усилий резания, упругих и демпфирующих сил, напряжений образуется боковая сила $Q(w)$ (9), которая отклоняет диск от плоскости вращения на величину w (4).

В этом исследовании принято, что поперечные силы приложены в одну точку. Уравнения составлены в пространственной системе координат R, ϕ, Z ; где $R=r$; $\phi = \theta + \Omega t$, $Z = z$; t – время; r, θ, z – система координат, связанная с телом.

Центробежные напряжения, Н/м²

$$\begin{aligned} \sigma_{rr}^r &= D_1 + D_2/r^2 + D_3 r^2 \\ \sigma_{\phi\phi}^r &= D_1 - D_2/r^2 + D_4 r^2, \end{aligned} \quad (1)$$

где $\sigma_{rr}^r, \sigma_{\phi\phi}^r$ – радиальные, тангентальные напряжения;

D_1, D_2, D_3, D_4 – коэффициенты центробежных напряжений.

Напряжения от усилий резания, Н/м²

$$\begin{aligned} \sigma_{rr}^c &= a_0/r^2 + (a_1/r + 2b_1 r - 2a_1'/r^3 + b_1'/r) \times \\ &\times \cos \phi + (c_1/r + 2d_1 r - 2c_1'/r^3 + d_1'/r) \sin \phi \\ \sigma_{\phi\phi}^c &= -a_0/r^2 + (6b_1 r + 2a_1'/r^3 + b_1'/r) \cos \phi + \\ &+ (6d_1 r + 2c_1'/r^3 + d_1'/r) \sin \phi \\ \tau_{r\phi}^c &= c_0/r^2 + (2b_1 r - 2a_1'/r^3 + b_1'/r) \sin \phi - \\ &- (2d_1 r - 2c_1'/r^3 + d_1'/r) \cos \phi \end{aligned} \quad (2)$$

$a_0 - d_1'$ – коэффициенты напряжений от усилий резания.

Температурные напряжения, Н/м²

$$\begin{aligned} \sigma_{rr}^T &= \frac{E\alpha_l}{r^2} \left(\frac{r^2 - b^2}{a^2 - b^2} \int_b^a T r dr - \int_b^r T r dr \right) \\ \sigma_{\phi\phi}^T &= \frac{E\alpha_l}{r^2} \left(\frac{r^2 + b^2}{a^2 - b^2} \int_b^a T r dr - \int_b^r T r dr - Tr^2 \right) \end{aligned} \quad (3)$$

где α_l – коэффициент теплового расширения; T – температура на поверхности диска, С°; E – модуль Юнга, Н/м².

Общие радиальные σ_{rr}^r , тангентальные $\sigma_{\phi\phi}^r$, касательные $\tau_{r\phi}$ напряжения

$$\begin{aligned} \sigma_{rr} &= \sigma_{rr}^r + \sigma_{rr}^c + \sigma_{rr}^T \\ \sigma_{\phi\phi} &= \sigma_{\phi\phi}^r + \sigma_{\phi\phi}^c + \sigma_{\phi\phi}^T \\ \tau_{r\phi} &= \tau_{r\phi}^c \end{aligned}$$

В исследованиях [5] получено уравнение для расчета отклонений круглых пил;

$$w(r, \phi, t) = [C_{mn} \cos(n\phi) + S_{mn} \sin(n\phi)] R_{mn}(r) \quad (4)$$

$m, n = 0, 1, 2, 3, \dots$

где $R_{mn}(r)$ – радиальная собственная функция диска,

C_{mn}, S_{mn} – функции времени диска, находятся из уравнений (5).

$$\begin{aligned} \eta^{(4)}_{mn} C_{mn} + \eta^{(5)}_{mn} S_{mn} &= PR_{mn}(r_p) \cos(n\phi_p) \\ \eta^{(9)}_{mn} C_{mn} + \eta^{(10)}_{mn} S_{mn} &= 0, \end{aligned} \quad (5)$$

где r_p, ϕ_p – координаты боковой силы резания, м;

$\eta^{(4)}_{mn}, \eta^{(5)}_{mn}, \eta^{(9)}_{mn}, \eta^{(10)}_{mn}$ – неизвестные коэффициенты, определяемые с помощью решения уравнений (6).

$$\begin{aligned} \eta^{(4)}_{mn} &= \alpha \zeta_{mn}^2 + KR_{mn}^2(r_\rho) \cos^2(n\phi_\rho) \\ \eta^{(5)}_{mn} &= -\alpha \zeta_{mn}^3 + KR_{mn}^2(r_\rho) \sin(n\phi_\rho) \cos(n\phi_\rho) \\ \eta^{(9)}_{mn} &= \beta \zeta_{mn}^3 + KR_{mn}^2(r_\rho) \sin(n\phi_\rho) \cos(n\phi_\rho) \\ \eta^{(10)}_{mn} &= \alpha \zeta_{mn}^2 + KR_{mn}^2(r_\rho) \sin^2(n\phi_\rho). \end{aligned} \quad (6)$$

где m, n – число узловых окружностей и диаметров диска;

α, β – коэффициенты;

$\zeta_{mn}^2, \zeta_{mn}^3$ – неизвестные коэффициенты, определяемые решением уравнений (7, 8).

$$\zeta_{mn}^2 = \int_b^a \pi R_{mn} \left[Dr \left(\frac{d^4}{dr^4} + \frac{2}{r} \frac{d^3}{dr^3} - \frac{1}{r^2} \times \right. \right. \\ \left. \left. \times \frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r^3} \frac{d}{dr} - \frac{2n^2}{r^2} \frac{d^2}{dr^2} + \frac{2n^2}{r^3} \times \right. \right. \\ \left. \left. \times \frac{d}{dr} - \frac{4n^2}{r^4} + \frac{n^4}{r^4} \right) \times R_{mn} - h \frac{\partial}{\partial r} (r \sigma_{rr} \frac{dR_{mn}}{dr}) - \right. \\ \left. - h \frac{\partial \tau_{r\phi}}{\partial \phi} \frac{dR_{mn}}{dr} + \frac{1}{r} h n^2 \times \right. \\ \left. \times R_{mn} \sigma_{\phi\phi} - n^2 \Omega^2 h r R_{mn} \right] dr \quad (7)$$

где ρ – плотность материала пилы, кг/м³;

D – цилиндрическая жесткость диска, Нм.

$$\zeta_{mn}^3 = h \pi n \int_b^a \pi R_{mn} \left(\begin{aligned} &R_{mn} \frac{\partial \tau_{r\phi}}{\partial r} + \\ &+ 2 \tau_{r\phi} \frac{dR_{mn}}{dr} + \frac{1}{r} R_{mn} \frac{\partial \tau_{\phi\phi}}{\partial \phi} \end{aligned} \right) \quad (8)$$

Боковое усилие определяется по формуле, Н

$$Q(w) = [P - Kw - Cw]. \quad (9)$$

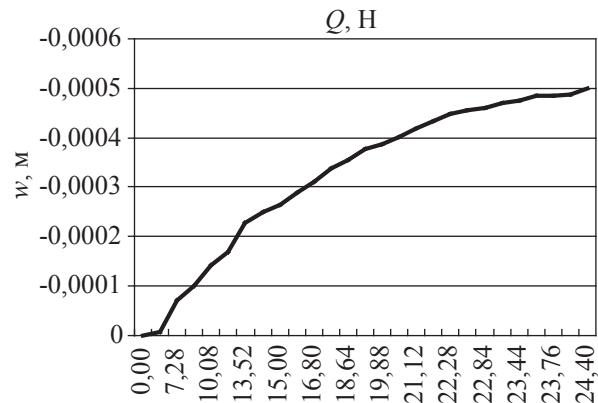


Рис. 2. Зависимость отклонения круглой пилы от времени распиловки (а) и боковой силы (б)

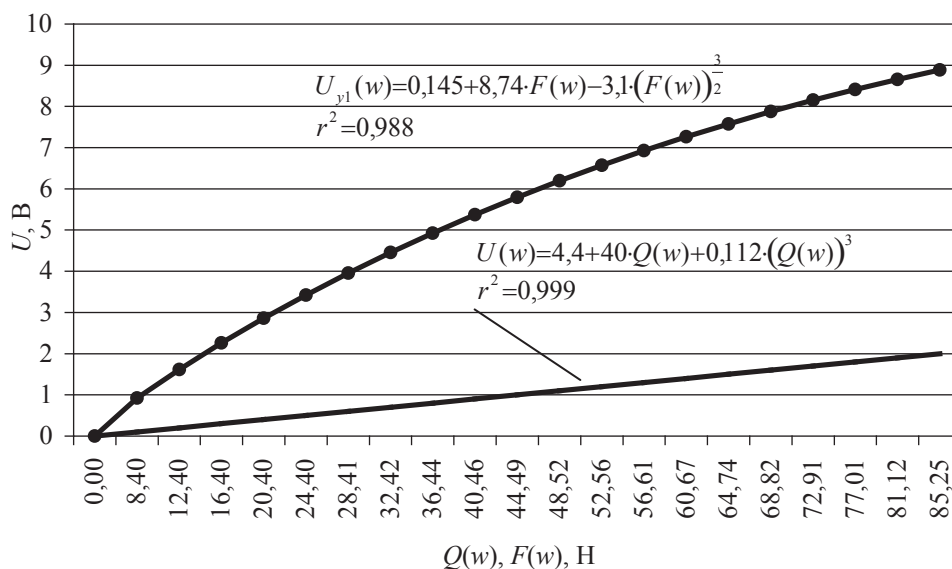


Рис. 3. Зависимость напряжения датчика отклонения и напряжения питания электромагнита от величины боковой силы

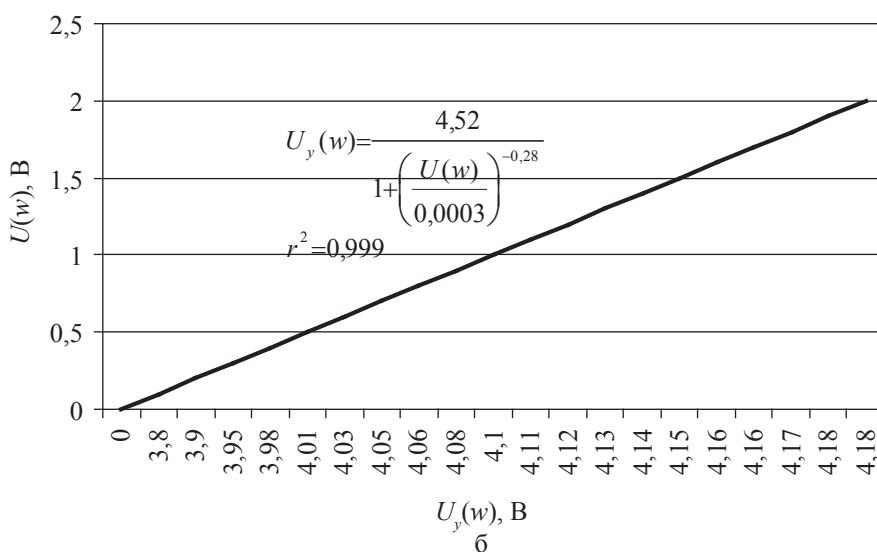
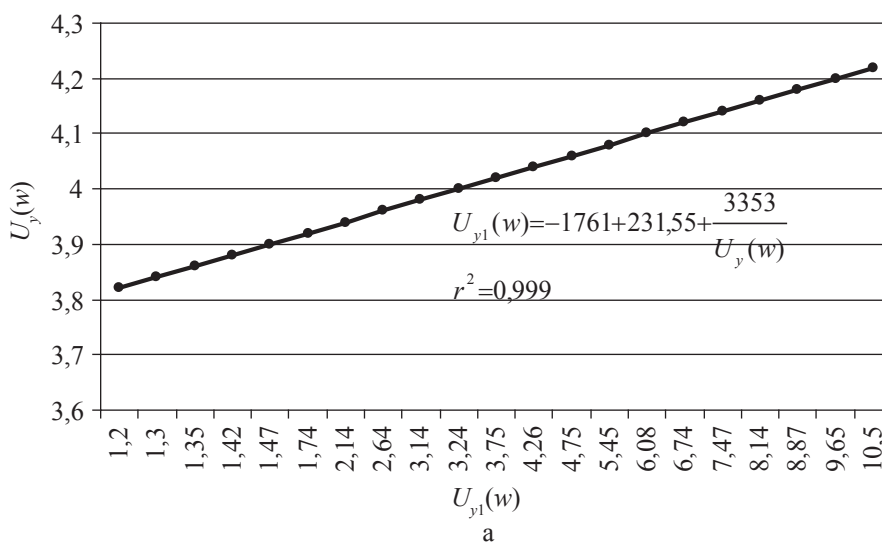


Рис. 4. Зависимость напряжения питания электромагнита от напряжения управления реле (а) и напряжения управления реле от напряжения датчика отклонения (б)

Касательная составляющая силы резания, Н [1]

$$P_t = a_p p b_1 + u_z \sin \theta_1 (k b_2 + 2H_1), \quad (10)$$

где p – удельная касательная составляющая по задней грани, Н/м;

k – фиктивное касательное давление на стружку по передней грани, Н/м²;

b_1, b_2 – ширина стружки и пропила, м;

a_p – коэффициент затупления;

a_T – коэффициент трения стружки о стенки пропила;

θ_1 – кинематический угол встречи, рад;

H_1 – текущая глубина реза, м.

Радиальная составляющая силы резания, Н [3]

$$P_r = P_3 / f - P_{II} \operatorname{tg}(70 - \delta_1), \quad (11)$$

где P_{II} – окружное усилие по передней грани, Н;

P_3 – усилие по задней грани, Н;

f – коэффициент трения;

δ_1 – угол резания, рад.

Для средних условий резания боковое усилие резания можно принять $P = 0,25P_\tau$ [1].

Решение уравнений осуществлялась с помощью математического пакета *MathCAD14*.

Исходные данные: $a=0,28$ м; $b=0,035$ м; $h = 0,022$ м; $r, r_Q, r_p = 0,28$ м; $\phi = 130$ рад; $\phi_p, \phi_Q = 0,414$ рад; $\theta = 0,419$ рад; $\Omega = 145$ рад/с; $P = 6,5$ Н; $P_t = 26,2$ Н; $P_r = 1,34$ Н; $\mu = 0,3$; $E = 2,24 \times 10^{11}$ Н/м²; $\rho = 7850$ кг/м³; $\alpha_l = 0,000011$; $m = 0, n = 2$; $\alpha, \beta = 1$; $K = 40000$ Н/м; $C = 0$; $t = 0-0,5$ сек; $p = 639$ Н/м; $k = 1,53 \times 10^6$ Н/м²; $b_1 = 0,022$ м; $b_2 = 0,034$ м; $a_p = 1$; $a_T = 0,072$; $H_1 = 0,05$ м; $\theta_1 = 1,157$ рад; $P_{II} = 21,69$ Н; $P_3 = 4,5$ Н; $f = 0,7$; $\delta_1 = 1,05$ рад.

В результате решения уравнений построена зависимость величины отклонения круглой пилы от времени распиловки (рис. 2, а) и боковой силы (рис. 2, б). Знак перед величиной отклонения пилы w показывает направление действия боковой силы $Q(w)$. В этом исследовании рассматриваются абсолютные величины отклонений пилы и боковых сил.

Для определения зависимости между напряжением питания электромагнита $U_{y1}(w)$ и усилием притяжения пилы $F(w)$, были проведены экспериментальные испытания по методике, приведенной в работе [4]. Для каждой величины отклонения пилы w и боковой

силы $Q(w)$, с помощью автотрансформатора 4 (рис. 1, а) устанавливалось напряжение $U_{y1}(w)$, контролируемое по показаниям вольтметра 7, способное создать усилие притяжения, равное по величине боковой силе $F(w) = Q(w)$. Диапазон варьирования величины отклонения пилы составлял от 0 до 0,002 м, при шаге 0,0001 м. Варьирование величины отклонения пилы осуществлялось изменением величины воздушного зазора между электромагнитом и пилой x от 0,003 м до 0,005 м, при помощи измерительных щупов. В программе *TableCurve 2D 2.03* составлена регрессионная зависимость напряжения питания электромагнита $U_{y1}(w)$ от усилия притяжения $F(w)$, графическое отображение этой зависимости и уравнение регрессии представлено на рис. 3.

Величина напряжения датчика отклонения $U(w)$ (В) равна отклонению пилы w (мм), $U(w) = w$. Регрессионная зависимость между напряжением датчика $U(w)$ и боковой силой $Q(w)$ определялась с помощью программы *TableCurve 2D 2.03* на данных, полученных в результате теоретических исследований боковых сил (рис. 2, б). Графическое отображение этой зависимости и уравнение регрессии представлено на рис. 3.

С целью определения зависимости между напряжением питания электромагнита $U_{y1}(w)$ и напряжением управления реле $U_y(w)$ была проведена серия опытов, в которых с помощью ПК варьировалось напряжение управления реле $U_y(w)$, и посредством вольтметра измерялась величина напряжения питания электромагнита $U_{y1}(w)$. Диапазон варьирования напряжения составлял от 3,8 до 4,2 В, при шаге 0,005 В. На основании полученных данных в программе *TableCurve 2D 2.03* составлена регрессионная зависимость между напряжением питания электромагнита $U_{y1}(w)$ и напряжением управления реле $U_y(w)$. Графическое отображение этой зависимости и уравнение регрессии представлено на рис. 4, а.

Для разработки программного обеспечения электромагнитной направляющей в программе *TableCurve 2D 2.03* составлена регрессионная зависимость между напряжением управления реле $U_y(w)$ и напряжением датчика отклонения $U(w)$ (рис. 4, б). Уравнение регрессии представлено на рис. 4, б.

рессии составлено на основании зависимости напряжения питания электромагнита $U_{yl}(w)$ от напряжения его управления $U_y(w)$ (рис. 4, а) и величины боковой силы $Q(w)$ (рис. 3).

В результате выполненной работы получены зависимости для определения параметров системы управления электромагнитной направляющей от величины отклонения круглой пилы. Разработана методика определения этих параметров.

Выявлено, что отклонение круглой пилы диаметром 0,56 м толщиной 0,0022 м в процессе пиления древесины составляет 0–0,0005 м (рис. 2, а), отклонение вызвано действием боковой силы величиной 0–24,4 Н (рис. 2, б). При такой величине боковой силы напряжение датчика отклонения составляет 0–0,5 В (рис. 3). При поступлении на блок управления с датчика отклонения напряжения такой величины напряжение управления реле составляет 3,8–4,0 В (рис. 4, б). При этом реле создаст напряжение питания электромагнита величиной 0–3,5 В (рис. 4, а). Такое напряжение питания электромагнита создаст усилие

притяжения величиной 0–24,4 Н (рис. 3), под действием которого пила вернется в исходное до начала отклонения состояние.

Библиографический список

1. Стахийев, Ю.М. Устойчивость и колебания плоских круглых пил / Ю.М. Стахийев. – М.: Лесная промышленность, 1977. – 267 с.
2. Пат. 94898 Российская Федерация МПК В 27 В13/10. Отжимная электромагнитная направляющая круглой пилы / Шарапов Е.С., Кузнецов Е.Ю.; заявитель и патентообладатель Шарапов Е.С., Кузнецов Е.Ю. – № 2010107641/22 ; заявл. 02.03.2010; опубл. 10.06.2010.
3. Бершадский, А.Л. Расчет режимов резания древесины: учеб. для вузов / А.Л. Бершадский – М.: Лесная промышленность, 1967. – 173 с.
4. Торопов, А.С. Экспериментальные исследования взаимодействия электромагнитной опоры с диском круглой пилы / А.С. Торопов, Е.С. Шарапов, Е.Ю. Кузнецов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2011. – № 5(81). – С. 122–124.
5. Longxiang Yang. Supercritical speed response of circular saws: A thesis for the degree master of applied science, Department of Mechanical Engineering, The University of British Columbia, Vancouver, Canada, 30 of April, 1990.

МЕТОДОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛЕСОПИЛЬНО-ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ В НАПРАВЛЕНИИ СНИЖЕНИЯ ШУМА

Н.Н. ЧЕРЕМНЫХ, *проф.*, *зав. каф. начертательной геометрии и маш.черчения УГЛТУ,*
д-р техн. наук, засл. изобр. РФ

ugltungmh@yandex.ru

Акустическая составляющая экологической проблемы в лесопильно-деревообрабатывающих производствах продолжает оставаться заметной в отрасли.

Качественный скачок в производстве технологического оборудования, пневмотранспорте, разработке технологических планировок, в строительстве промышленных зданий, в разработке генеральных планов ДОКа или нижнего склада до определенного времени не сопровождались заметным изменением к проблеме шума.

Напомним, что общей тенденцией развития техники в настоящее время и в ближайшем обозримом будущем является создание

машин с непрерывно увеличивающимися параметрами. Машины становятся мощнее; скорости, напряжение, давление, температура, при которой они работают, выше. Так, в частности, деревообрабатывающие машины характеризуются высокой производительностью, для достижения которой приходится обеспечивать рабочие скорости 60,80,100 и даже более м/с; а скорости подачи до (100...150) м/мин. Применение более прочных материалов, совершенствование методов расчетов на прочность приводит к тому, что масса новых машин на единицу мощности уменьшается, т.е. машины становятся относительно легче.

Это во многих случаях приводит к увеличению амплитуд и частот колебаний машины и ее частей, к более резким изменениям скоростей, давлений воздушных потоков и струй, в конечном итоге – к увеличению механического (вибрационного происхождения) и аэродинамического шумов. Уменьшению шумового загрязнения способствует и повышение степени механизации и автоматизации технологических процессов, а в последние годы – в условиях малых предприятий – и скупченность оборудования в тесных производственных объемах.

Тенденцию по снижению допускаемых уровней продемонстрируем со времени реального наступления на шум: с 1971 г. по 1996 г. санитарные нормы ужесточали требования к рабочим местам и рабочим зонам дважды с 90 дБА до 80 дБА ступенями по 5 дБА. Мы должны быть готовы к дальнейшим действиям сангигиенистов, т.к. доказано, что даже шум с уровнем в (40...70) дБА воздействует на вегетативную нервную систему, независимо от субъективного восприятия шума человеком. Привыкание человека к шуму обманчиво, т.к. шум воздействует даже на спящего человека. Считается, что высокие уровни шума снижают производительность труда на 15–20 %. В нашей отрасли, где производительность труда определяется производительностью станка, агрегата, реального снижения производительности труда практически нет (человек вынужден успевать за станком).

Общеизвестно, что основной метод снижения шума – максимальное уменьшение его в источнике образования (местах генерации). Одним из ярких примеров такого эффекта мы считаем замену механической клепки в машиностроении гидравлической. В нашей отрасли можно привести пример замены фрезерования элементов шиповых соединений в мебельном, столярно-строительном и др. производствах бесшумным безотходным способом торцового прессования путем вдавливания в торцы заготовок пуансона с профилем, соответствующим форме прямоугольных шипов и проушин [1].

Реальное снижение шума в местах генерации даже если бы удалось предсказать теоретически какие-то новые виды резания (деления)

– скоростное сжатие в замкнутом – полузамкнутом пространстве, беспилочное резание при высоких пропилах, отработка режимов лазерного резания для массива древесины и т.д. – более консервативный путь внедрения, чем рассматриваемые ниже предложения, т.к. это зачастую связано с большими изменениями, к примеру, в инструментальном хозяйстве.

Возрастающие требования к качеству оборудования и технологиям по шумовому фактору предопределяют необходимость рассмотрения на современном уровне знаний всего комплекса вопросов, снижающих эффективность работ по шумобезопасности в отрасли.

Практические возможности современного технического уровня оборудования и производственного помещения во многих случаях не могут обеспечить соблюдение санитарно-гигиенических норм для всех рабочих мест и рабочих зон. Поэтому по аналогии с другими отраслями промышленности, другими случаями шумных помещений с интенсивными источниками шума, решение задачи борьбы с шумом следует искать в рациональном компромиссе между совокупностью противоречивых требований.

Задача проектирования оптимального комплекса сложна даже в упрощенной постановке, когда учитываются хотя бы две характеристики: акустическая эффективность и, к примеру, усложнение конструкции. Хотя, впрочем, в отличие, например, от самолетов и судов, у нас прямо не просматривается некоторый верхний предел, определяемый экономической рентабельностью постройки и эксплуатации воздушного или морского судна с учетом дополнительного веса и уменьшения полезных объемов. Можно лишь отметить некоторые общие закономерности, которые необходимо принимать во внимание при выборе рационального варианта.

Использование скрытых резервов методов звукоизоляции (локализации) и звукопоглощения в отрасли, как в конструировании оборудования, так и рационализации конструкции помещения, во многих случаях один из основных и рациональных методов в технически обоснованной борьбе с шумом на производстве. Эта тенденция продолжает просматриваться и в последние десятилетия, когда исследователи и конструкторы во всем мире, в принципе, про-

шли весь цикл комплексных решений от мест генерации шума до рабочих зон и селитебных территорий [2]. Применительно к нашему оборудованию это укрытие рабочих зон, встроенные звукоизолирующие ограждения.

Отметим, что идея (направление в конструировании) – дать оградительным и предохранительным устройствам режущих инструментов и рабочих зон шумозащитные функции – начала разрабатываться нами с момента широкого внедрения в условиях действующего производства откидывающегося кожуха для рабочей зоны пилы станка ЦА-2 [3], а подтверждение новизны предлагаемых решений зафиксировано с 1972 г. в изобретениях по а/с № № 404619, 406736, 439390, 482288, 484990, 484996, 852552, 981099, 1036531, 1384380.

Отсутствие внимания к оградительным устройствам – термин, не характерный как для наших производств, так и, к примеру, для текстильной и пищевой промышленности [4]. В лесопильно-деревообрабатывающих производствах этими вопросами постоянно занимались ЦНИИМОД, Вологодское ГКБД и другие организации; регулярно выпускались альбомы рабочих чертежей на рекомендуемые оградительные устройства и приспособления. Однако вопросы шумозащиты, шумопонижения там десятилетиями не просматривались. Что касается попутно цитируемой нами работы [4], то в ней на основе анализа 1200 наименований этих устройств на различных видах оборудования и состояния проектирования ограждений в 20 проектно-конструкторских организациях ни слова не сказано о необходимости сочетания оградительных и шумозащитных требований.

Реальные сдвиги в изменении отношения отечественных разработчиков оборудования произошли после сообщения автора данной работы 17.06.1975 г. на заседании секции НТС Минстанкопрома с участием потребителей по вопросу «Снижение шума деревообрабатывающего оборудования». Наши 10 позиций для находящегося в эксплуатации и 12 позиций для вновь разрабатываемого оборудования вошли в приказ 126/31 – 3 от 8.03.76 г. по Минстанкопрому «О развитии работ по дальнейшему снижению уровня шума деревообрабатывающего оборудования».

Примеры реализации так называемых «встроенных» звукоизолирующих ограждений ВНИИДМАШа в ряде станков строгальной группы видим уже в работах [5,6,7].

Напомним разработчикам и производителям оборудования требования к шумопонижающим устройствам, сформированные нами и проверенные многолетней практикой.

– Легкость конструкции. Это требование ставит своей целью заметно не увеличивать вес станка или агрегата.

– Удобство обслуживания. Обеспечение этого требования не будет снижать технологические возможности машин.

– Быстросъемность. С учетом этого требования шумопонижающая конструкция должна легко откидываться, сдвигаться, убираться, а также фиксироваться в откинута или поднятом положении. Это обеспечивается при широком применении телескопических пружинных или воздушных упоров, откидных болтов, шарниров, фиксаторов, гаек-барашков, магнитных фиксаторов и т.д.

– Обеспечение долговечности в отношении сохранения герметичности. Это требование служит целям обеспечения звукоизоляции, т.е. акустической надежности и долговечности звукоизолирующей конструкции. Напомним, что в общем случае надежность – свойство машины, устройства, конструкции выполнять заданные функции при сохранении своих эксплуатационных показателей на заданном уровне в течение определенного промежутка времени. В отношении рассматриваемого нами оборудования акустическая надежность – свойство работать с требуемыми величинами виброакустических характеристик в течение заданного промежутка времени.

– Рационально спроектированное шумопонижающее устройство, да и весь станок (агрегат) в целом, должны обладать равнонадежностью акустической и физической, т.е. к концу срока эксплуатации последних должны быть одновременно достигнуты как пределы прочности, текучести, выносливости, предельные износы элементов кинематических пар, так и предельные величины акустических характеристик.

– Обеспечение беспрепятственного удаления опила, стружки и кусковых отходов из

зоны резания при сохранности звукопоглощающего слоя (слой не должен забиваться опилками, засмаливаться и не разрушаться под действием «пескоструйного эффекта» опилок, а также действия кусковых отходов при ручном и автоматическом, т.е. пневмотранспорте, удалении их).

– Универсальность применения. Здесь, прежде всего, будем иметь в виду работу на разных обрабатываемых заготовках, а также отсутствие ограничений по температурным показателям.

– Отсутствие усложнения и удорожания эксплуатации; ремонтпригодность (заметим, что по причине отсутствия ремонтпригодности тонкие плоские серповидные ножи ВНИИДрева, принимающие при закреплении винтообразную форму, внедренные нами на фуговальном станке, были демонтированы вместе с ножевым валом через 5 смен работы).

– Отсутствие снижения качества продукции и производительности труда работающих.

– Невысокая начальная стоимость шумопонижающего решения. Она обуславливается экономической целесообразностью обеспечения шумливания.

– Максимальное сохранение основной конструкции машины. Оно позволяет проводить модернизацию с целью улучшения шумовых характеристик машины как в условиях эксплуатации, так и на этапе создания новой.

Практически все вышеприведенные решения направлены на совершенствование зоны рабочих инструментов.

Создать полностью герметичные зоны резания (с полосовыми, круглыми пилами, фрезами, ножевыми валами) не представляется возможным из-за требований обеспечения прохода заготовок через рабочую зону. Снятие шумограмм в вертикальной плоскости подачи заготовок показывает, что на оси подачи уровни звука выше на (5...6) дБА, чем в других точках на периметре снятия; превышение же спектральных уровней (особенно у лесорам в высокочастотной области) достигает 10 дБ. По этой причине на входе–выходе заготовок шумозаглушающие каналы должны представлять активные (диссипативные) глушители, в которых основная роль в глушении шума принадлежит звукопоглощающему слою [2].

Основные требования, изложенные выше, дополним особенностями работы и требованиями к глушителям на вход–выход заготовок (технологические отверстия):

– эффективность в средне- и высокочастотных областях нормируемого спектра должна быть не менее (6...10)дБ;

– часть сечения канала при рабочем ходе занята бревном, брусом или доской различных размеров;

– перед подачей заготовки (в первую очередь бревна в лесопильную раму или фрезернопильный агрегат) в вальцы возможен поворот ее вокруг своей оси;

– возможен частичный возврат заготовок назад;

– должна быть обеспечена защита звукопоглощающего материала от возможных механических повреждений при прохождении материала;

– каналы-глушители должны быть быстрооткидываемыми или легкоъемными;

– размер глушителя по длине должен быть ограничен.

Библиографический список

1. Рублева, О.А. Формирование элементов шиповых соединений безотходным способом торцового прессования заготовок из древесины: дис. ... канд. техн. наук / О.А. Рублева. – Екатеринбург, УГЛТУ, 2011. – 16 с.
2. Черемных, Н.Н. Совершенствование оборудования и технологий в лесопильно-деревообрабатывающих производствах с целью улучшения шумовых характеристик: дис. ... докт. техн. наук / Н.Н. Черемных. – Воронеж, ВГЛТА, 1999. – 36 с.
3. Чижевский, М.П. Уменьшение шума при работе станка ЦА-2 / М.П. Чижевский, Н.Н. Черемных // *Деревообр. пром-сть.* – 1970. – № 9. – С. 24–25.
4. Зимин, О.И. Совершенствование оградительных устройств на оборудовании текстильной и пищевой промышленности / О.И. Зимин, Л.В. Виноградова // *Сб. ВНИИОТ «Улучшение условий и охраны труда»*, 1987. – С. 62–66.
5. Слободник, М.А. Снижение шума деревообрабатывающих станков: информационно-руководящий материал / М.А. Слободник. – ВНИИДМАШ–НИИМАС, 1979. – 44 с.
6. Слободник, М.А. Звукоизоляция деревообрабатывающих станков (обзор) / М.А. Слободник. – ВНИПИЭИлеспром, 1981. – 40 с.
7. Черемных, Н.Н. Устройства для снижения шума на деревообрабатывающих предприятиях / Н.Н. Черемных, М.А. Слободник., Е.С. Прессер // *Лесная пром-сть.* – 1986. – 152 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОПИТКИ ДРЕВЕСИНЫ ЖИДКОСТЬЮ

Н.В. ГУБАНОВА, *асп. каф. древесиноведения ВГЛТА*

gubanova@freemail.ru

В настоящее время в области использования древесины на первый план выдвигаются задачи получения материалов из древесины с заданными свойствами, поскольку древесина является единственным природным возобновляемым материалом. Для широкого развития модифицирования древесины необходимо искать пути решения проблемы математического моделирования процессов модифицирования с целью совершенствования технологических процессов.

Одним из путей решения проблемы математического моделирования в гидромеханике является использование конечно-элементного подхода. В рамках данного подхода в последние 30–40 лет с применением компьютеров неоднократно успешно решался ряд важных теоретических задач гидравлики и гидромеханики. С использованием этого подхода можно создавать модели в высокой степени адекватные, универсальные, быстро реализуемые, легко корректируемые и надежные (позволяющие со стопроцентной вероятностью пройти от начала расчета до конца расчета без тупиков, частых для аналитических методов). В рамках метода конечных элементов сложная система разбивается на большое число однотипных подсистем, взаимодействующих между собой. При этом сложность системы сводится к просчету кооперативных явлений взаимодействия элементов между собой.

Целью данной работы являются:

1. Разработка модели структуры древесины хвойных пород (на примере сосны) и лиственных пород (на примере дуба).

2. Разработка модели пропитывания древесины жидкостью.

Применительно к моделированию процесса пропитки древесины мы предлагаем разбить весь объем движущейся жидкости на большое количество шаров (в трехмерном случае) или кругов (в двухмерном случае), представляющих собой элементы жидкости

и взаимодействующих между собой. Диаметр элементов может составлять порядка 1–10 мкм (в зависимости от решаемой задачи), при этом достаточно хорошо моделируется течение жидкости, и одновременно обеспечивается высокая скорость компьютерных расчетов. Шаровидная (или круговая) форма элементов принята, чтобы добиться изотропии свойств модельной жидкости. Основные свойства жидкости (плотность, модуль упругости, теплопроводность, и т.п.) пересчитываются на один элемент жидкости. Введение различных типов шаров (с соответствующими свойствами) позволяет рассматривать в модели одновременно различные среды: жидкости различных типов, газы, модификаторы, элементы древесины.

Для повышения универсальности модели древесина и жидкость состоят из кругов одинакового диаметра. Однако круги-элементы древесины выдерживаются неподвижными в процессе моделирования. Распределяя в пространстве элементы древесины можно добиться воспроизведения как структуры хвойных пород (сосны, рис. 1, а), так и структуры лиственных пород (дуба, рис. 1, б). Модель воспроизводит основные структурные элементы древесины: сосуды, перегородки, окаймленные и неокймленные поры, лестничную перфорацию и др.

Для оценочных расчетов достаточно учесть минимум свойств жидкости, в частности, только ее механические свойства. В этом случае необходимо описать ньютоновское движение большого количества тел (элементов жидкости), взаимодействующих между собой вязкоупругими силами.

Принято решение использовать двухмерную модель, так как при этом значительно ускоряются расчеты, что важно на первом этапе.

Состояние каждого элемента-круга i определяется четырьмя переменными: декартовыми координатами его центра (x_i , y_i) и декартовыми составляющими скорости (v_{xi} ,

v_{yi}). Взаимодействие элементов между собой будем считать вязкоупругим, что позволяет адекватно учитывать возникновение упругости при сжатии жидкости и потери энергии при течении жидкости.

Расчет сил, действующих на элементы, производится следующим образом. Некоторый элемент i испытывает силовое воздействие со стороны каждого из окружающих его элементов j

$$F_i = \sum_{j=1}^{N_{\text{э}}} (F_{ij}^V + F_{ij}^B), \quad (1)$$

где F_{ij}^V и F_{ij}^B – силы упругого и вязкого взаимодействия элементов i и j ;

$N_{\text{э}}$ – общее количество элементов в модели жидкости.

При расчете сил для каждой пары элементов предварительно вычисляется расстояние r_{ij} между их центрами $S_i(x_i, y_i)$ и $S_j(x_j, y_j)$ (рис. 2)

$$r_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}. \quad (2)$$

От способа задания силы между элементами $F_{ij}(r_{ij})$ зависят свойства жидкости или газа. В простейшем случае можно считать взаимодействие упругим и подчиняющимся закону Гука (рис. 3). Этого достаточно для решения большинства задач о пропитке древесины

При внедрении элементов друг в друга возникает возвращающая сила, пропорциональная величине их внедрения (ветвь графика при $0 < r_{ij} < d_{\text{э}}$, где $d_{\text{э}}$ – диаметр элемента). Для того, чтобы учесть склонность элементов жидкости соединяться между собой и обеспечивать неразрывность объема жидкости, то же самое пропорциональное взаимодействие сохраняется и в диапазоне $d_{\text{э}} < r_{ij} < d_0$ (где d_0 – расстояние, при котором происходит отрыв элементов). При этом попытка удалить элементы друг от друга также вызовет возвращающую силу, стремящуюся вернуть элементы в состояние касания. Таким образом, упругое взаимодействие подчиняется следующему закону

$$F_{xij}^V = \begin{cases} c(d_{\text{э}} - r_{ij})(x_i - x_j) / r_{ij}, & \text{если } r_{ij} < d_{\text{э}}; \\ 0, & \text{если } r_{ij} \geq d_{\text{э}}; \end{cases} \quad (3)$$

$$F_{yij}^V = \begin{cases} c(d_{\text{э}} - r_{ij})(y_i - y_j) / r_{ij}, & \text{если } r_{ij} < d_{\text{э}}; \\ 0, & \text{если } r_{ij} \geq d_{\text{э}}, \end{cases} \quad (4)$$

где F_{xij}^V и F_{yij}^V – декартовы составляющие силы F_{ij}^V ;

c – жесткость упругого взаимодействия элементов.

Для расчета F_{ij}^B выбрана общепринятая прямо пропорциональная зависимость вязкой силы от скорости движущегося в среде тела, при этом введен дополнительный коэффициент $(r_{ij} - d_0)$, представляющий собой величину взаимного проникновения элементов друг в друга

$$F_{xij}^B = k(r_{ij} - d_0)(v_{xi} - v_{xj}); \quad (5)$$

$$F_{yij}^B = k(r_{ij} - d_0)(v_{yi} - v_{yj}). \quad (6)$$

где k – коэффициент демпфирования.

Движение элементов в рамках классической механики описывается дифференциальными уравнениями, составляемыми на основе второго закона Ньютона. Для i -го элемента можно записать

$$m_{\text{э}} \frac{d^2 x_i}{dt^2} = \sum_{j=1}^{N_{\text{э}}} (F_{xij}^V + F_{xij}^B) + \sum_{j=1}^{N_{\text{п}}} F_{xij}^{\text{п}}. \quad (7)$$

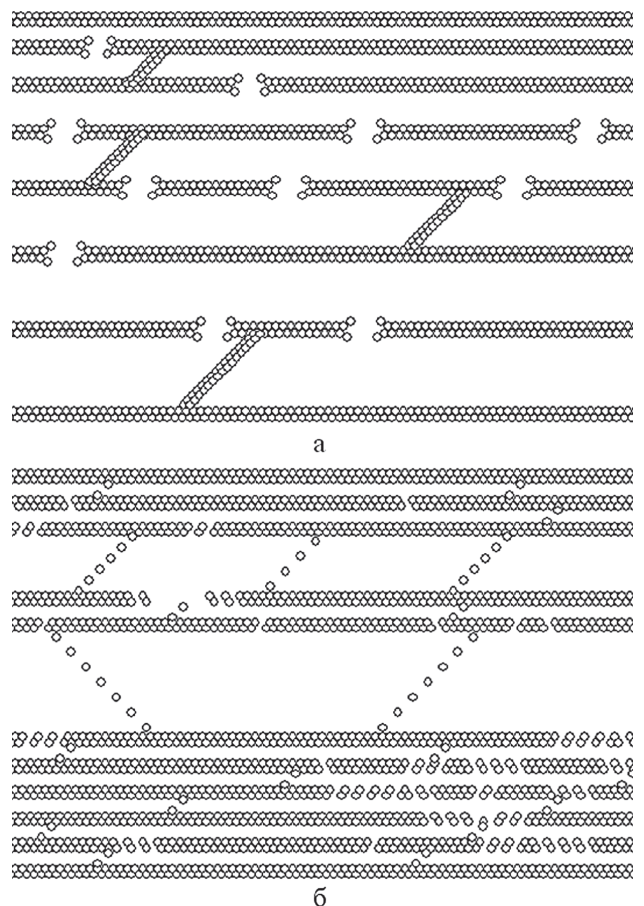


Рис. 1. Представление в модели древесины хвойных пород (а) и лиственных пород (б)

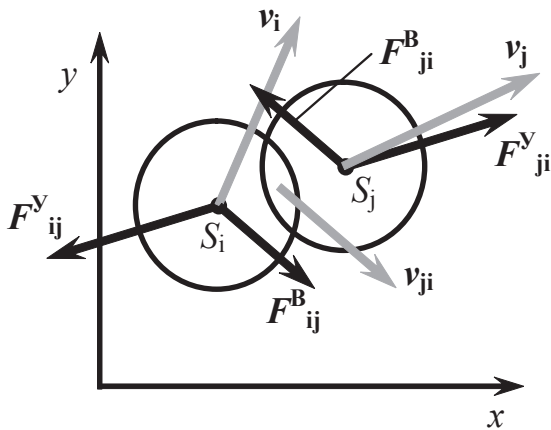


Рис. 2. Вязкоупругое взаимодействие двух элементов модели

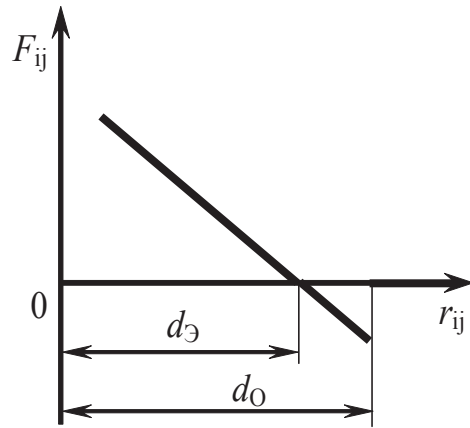


Рис.3. Зависимость силы взаимодействия двух элементов i и j от расстояния между ними

$$m_{\text{э}} \frac{d^2 y_i}{dt^2} = \sum_{j=1}^{N_{\text{э}}} (F_{yij}^y + F_{yij}^B) + \sum_{j=1}^{N_{\text{л}}} F_{xij}^{\text{л}} - m_{\text{э}} g, \quad (8)$$

где $m_{\text{э}}$ – масса элемента,
 t – время,
 g – ускорение свободного падения,

$F_{xij}^{\text{л}}$ – сила действующая со стороны j -го элемента древесины на i -й элемент жидкости.

Расписывая силы F^y , F^B и $F^{\text{л}}$ получим следующие дифференциальные уравнения, описывающие движение i -го элемента:

$$\left\{ \begin{aligned} m_{\text{э}} \frac{d^2 x_i}{dt^2} &= \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N_{\text{э}}} \left(\left\{ \begin{aligned} c(d_{\text{э}} - r_{ij}) \frac{(x_i - x_j)}{r_{ij}}, & r_{ij} < d_0 \\ 0, & r_{ij} \geq d_0 \end{aligned} \right\} + k(r_{ij} - d_0)(v_{xi} - v_{xj}) \right) + \\ &+ \sum_{j=1}^{N_{\text{д}}} \left(\left\{ \begin{aligned} c_{\text{д}} \left(\frac{d_{\text{э}} + d_{\text{д}}}{2} - r_{ij} \right) \frac{(x_i - x_j)}{r_{ij}}, & r_{ij} < d_{\text{од}} \\ 0, & r_{ij} \geq d_{\text{од}} \end{aligned} \right\} + k_{\text{д}}(r_{ij} - d_{\text{од}})v_{xi} \right); \\ m_{\text{э}} \frac{d^2 y_i}{dt^2} &= -m_{\text{э}} g + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N_{\text{э}}} \left(\left\{ \begin{aligned} c(d_{\text{э}} - r_{ij}) \frac{(y_i - y_j)}{r_{ij}}, & r_{ij} < d_0 \\ 0, & r_{ij} \geq d_0 \end{aligned} \right\} + k(r_{ij} - d_0)(v_{yi} - v_{yj}) \right) + \\ &+ \sum_{j=1}^{N_{\text{д}}} \left(\left\{ \begin{aligned} c_{\text{д}} \left(\frac{d_{\text{э}} + d_{\text{д}}}{2} - r_{ij} \right) \frac{(y_i - y_j)}{r_{ij}}, & r_{ij} < d_{\text{од}} \\ 0, & r_{ij} \geq d_{\text{од}} \end{aligned} \right\} + k_{\text{д}}(r_{ij} - d_{\text{од}})v_{yi} \right), \end{aligned} \right. \quad (9)$$

где $N_{\text{д}}$ – количество элементов древесины,
 $d_{\text{д}}$ – диаметр элемента древесины,
 $c_{\text{д}}$ – коэффициент жесткости взаимодействия элемента жидкости с элементом древесины,
 $k_{\text{д}}$ – коэффициент вязкости взаимодействия элемента жидкости с элементом древесины.

Совокупность большого количества уравнений последнего вида для всех $N_{\text{э}}$ элементов описывает эволюцию жидкости с течением времени. В целом окончательную систему уравнений можно записать следующим образом (см. формулу 10).

Необходимо отметить, что вращение элементов-кругов вокруг их центров в мо-

$$\left. \begin{aligned}
 m_3 \frac{d^2 x_1}{dt^2} &= \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 1}}^{N_3} \left(\left\{ \begin{aligned} &c(d_3 - r_{1j}) \frac{(x_1 - x_j)}{r_{1j}}, r_{1j} < d_o \\ &0, r_{1j} \geq d_o \end{aligned} \right\} + k(r_{1j} - d_o)(v_{x1} - v_{xj}) \right) + \\
 &+ \sum_{j=1}^{N_d} \left(\left\{ \begin{aligned} &c_d \left(\frac{d_3 + d_d}{2} - r_{1j} \right) \frac{(x_1 - x_j)}{r_{1j}}, r_{1j} < d_{од} \\ &0, r_{1j} \geq d_{од} \end{aligned} \right\} + k_d(r_{1j} - d_{од})v_{x1} \right); \\
 m_3 \frac{d^2 y_1}{dt^2} &= -m_3 g + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 1}}^{N_3} \left(\left\{ \begin{aligned} &c(d_3 - r_{1j}) \frac{(y_1 - y_j)}{r_{1j}}, r_{1j} < d_o \\ &0, r_{1j} \geq d_o \end{aligned} \right\} + k(r_{1j} - d_o)(v_{y1} - v_{yj}) \right) + \\
 &+ \sum_{j=1}^{N_d} \left(\left\{ \begin{aligned} &c_d \left(\frac{d_3 + d_d}{2} - r_{1j} \right) \frac{(y_1 - y_j)}{r_{1j}}, r_{1j} < d_{од} \\ &0, r_{1j} \geq d_{од} \end{aligned} \right\} + k_d(r_{1j} - d_{од})v_{y1} \right); \\
 m_3 \frac{d^2 x_2}{dt^2} &= \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 2}}^{N_3} \left(\left\{ \begin{aligned} &c(d_3 - r_{2j}) \frac{(x_2 - x_j)}{r_{2j}}, r_{2j} < d_o \\ &0, r_{2j} \geq d_o \end{aligned} \right\} + k(r_{2j} - d_o)(v_{x2} - v_{xj}) \right) + \\
 &+ \sum_{j=1}^{N_d} \left(\left\{ \begin{aligned} &c_d \left(\frac{d_3 + d_d}{2} - r_{2j} \right) \frac{(x_2 - x_j)}{r_{2j}}, r_{2j} < d_{од} \\ &0, r_{2j} \geq d_{од} \end{aligned} \right\} + k_d(r_{2j} - d_{од})v_{x2} \right); \\
 m_3 \frac{d^2 y_2}{dt^2} &= -m_3 g + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 2}}^{N_3} \left(\left\{ \begin{aligned} &c(d_3 - r_{2j}) \frac{(y_2 - y_j)}{r_{2j}}, r_{2j} < d_o \\ &0, r_{2j} \geq d_o \end{aligned} \right\} + k(r_{2j} - d_o)(v_{y2} - v_{yj}) \right) + \\
 &+ \sum_{j=1}^{N_d} \left(\left\{ \begin{aligned} &c_d \left(\frac{d_3 + d_d}{2} - r_{2j} \right) \frac{(y_2 - y_j)}{r_{2j}}, r_{2j} < d_{од} \\ &0, r_{2j} \geq d_{од} \end{aligned} \right\} + k_d(r_{2j} - d_{од})v_{y2} \right); \\
 &\dots \\
 m_3 \frac{d^2 x_{N_3}}{dt^2} &= \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq N_3}}^{N_3} \left(\left\{ \begin{aligned} &c(d_3 - r_{N_3j}) \frac{(x_{N_3} - x_j)}{r_{N_3j}}, r_{N_3j} < d_o \\ &0, r_{N_3j} \geq d_o \end{aligned} \right\} + k(r_{N_3j} - d_o)(v_{xN_3} - v_{xj}) \right) + \\
 &+ \sum_{j=1}^{N_d} \left(\left\{ \begin{aligned} &c_d \left(\frac{d_3 + d_d}{2} - r_{N_3j} \right) \frac{(x_{N_3} - x_j)}{r_{N_3j}}, r_{N_3j} < d_{од} \\ &0, r_{N_3j} \geq d_{од} \end{aligned} \right\} + k_d(r_{N_3j} - d_{од})v_{xN_3} \right); \\
 m_3 \frac{d^2 y_{N_3}}{dt^2} &= -m_3 g + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq N_3}}^{N_3} \left(\left\{ \begin{aligned} &c(d_3 - r_{N_3j}) \frac{(y_{N_3} - y_j)}{r_{N_3j}}, r_{N_3j} < d_o \\ &0, r_{N_3j} \geq d_o \end{aligned} \right\} + k(r_{N_3j} - d_o)(v_{yN_3} - v_{yj}) \right) + \\
 &+ \sum_{j=1}^{N_d} \left(\left\{ \begin{aligned} &c_d \left(\frac{d_3 + d_d}{2} - r_{N_3j} \right) \frac{(y_{N_3} - y_j)}{r_{N_3j}}, r_{N_3j} < d_{од} \\ &0, r_{N_3j} \geq d_{од} \end{aligned} \right\} + k_d(r_{N_3j} - d_{од})v_{yN_3} \right).
 \end{aligned} \right. \tag{10}$$

дели не учитывается, при этом практически не вносится погрешность, так как элементы образуют более крупные элементы жидкости (капли, слои). При движении таких крупных фрагментов учет их вращения происходит автоматически – движением элементов друг относительно друга.

При исследовании тех или иных специфических явлений разработанная модель легко позволяет вносить необходимые коррективы. Таким образом, разработанная модель, несмотря на простоту реализации, позволяет добиться высокой степени адекватности, легко корректируется в зависимость

ти от решаемых задач и гарантированно дает конечный результат при любой постановке задачи.

Разработанная модель в целом представляет собой систему из большого количества дифференциальных и алгебраических уравнений, а также условий включения тех или иных сил. Решение системы дифференциальных уравнений производится численно. Используется модифицированный метод Эйлера-Коши [5], который особенно эффективен при решении дифференциальных уравнений второго порядка. При этом координаты и скорости рассчитываются по формулам вида

$$x_{i+1} = x_i + v_i \Delta t + a_i (\Delta t)^2 / 2 \quad (11)$$

$$v_{i+1} = v_i + a_i \Delta t, \quad (12)$$

где x , v , a – координата, скорость и ускорение элемента,

i – номер шага интегрирования (i – текущий шаг, $i+1$ – последующий шаг),

Δt – шаг интегрирования.

Шаг численного интегрирования Δt системы дифференциальных уравнений определяется путем многократного проведения экспериментов с последовательно уменьшающимся в 2 раза шагом. Останавливаются на том шаге, после которого результаты моделирования практически не изменяются (изменение составляет не более 1–2 %). Определенный таким образом шаг составил $\Delta t = 10^{-6}$ с и был использован во всех расчетах в данной работе.

Компьютерный эксперимент заключается в просчете проникновения жидкости в структуру древесины в течение некоторого промежутка времени (1000 шагов интегрирования). В процессе компьютерного эксперимента выводятся распределения концентрации жидкости внутри древесины $C(x)$ и $C(y)$, а также распределение давления в направлении пропитки $P(x)$.

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. В рамках данной работы разработана математическая модель пропитки древесины жидкостью. Модель обладает высокой степенью универсальности и позволяет оценивать эффективность пропитки древесины

различных пород в зависимости от параметров процесса пропитки.

2. С увеличением диаметра сосуда d_C скорость движения жидкости $v_{ж}$ возрастает приблизительно по следующему закону $v_{ж} = v_0 + \beta \sqrt{d_C}$, где v_0 – скорость движения жидкости в самом малом сосуде; β – коэффициент пропорциональности.

3. Чем меньше диаметр сосуда, тем больше давление жидкости в нем. Из-за этого, несмотря на то, что положение фронта жидкости в сосуде зависит от диаметра сосуда, масса жидкости, находящейся в сосудах, при движении практически не зависит от диаметра сосуда (за исключением очень малых диаметров сосудов поздней зоны).

4. Массовая концентрация жидкости в заполненной жидкостью древесине уменьшается в направлении пропитки (по слабому линейному закону).

Библиографический список

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

ТОНКИЙ ПОМОЛ И СУШКА ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ В ВИХРЕВОЙ МЕЛЬНИЦЕ-НАГРЕВАТЕЛЕ

А.Б. ЛИПИЛИН, генеральный директор завода «ТЕХПРИБОР»,
М.В. ВЕКСЛЕР, технический директор завода «ТЕХПРИБОР»,
Н.В. КОРЕНЮГИНА, главный технолог завода «ТЕХПРИБОР»,
А.М. МОРОЗОВ, научный консультант ООО «БИОВЕТ-ФЕРМЕНТ»,
Г.Н. КОНОНОВ, проф. каф. ХТДиП МГУЛ, канд. тех. наук,
К.Л. КОСАРЕВ, асп. МГУЛ,
А.В. КУДРЯШОВ, студент МГУЛ.

kosarev_83@mail.ru

Одними из перспективных направлений совершенствования технологии переработки древесного сырья являются методы, основанные на энергосберегающих процессах. Соответствующее аппаратное оформление открывает широкие возможности повышения экономичности переработки природных материалов, в том числе отходов древесины, за счет уменьшения энерго- и металлоемкости, а также увеличения КПД оборудования, основанное на совмещении нескольких процессов в одном.

Принцип действия вихревой мельницы-нагревателя основан на том, что аппарат реализует метод дискретного многофакторного энергетического воздействия на обрабатываемое сырье, использования пульсаций давления в локальных объемах камеры помола и высоких сдвиговых усилий, возникающих при относительном движении сред и фаз. Для вихревой мельницы-нагревателя характерны ярко выраженные трибофизические и, помимо, механохимические эффекты.

Комплексное воздействие, оказываемое вихревой мельницей-нагревателем на перерабатываемые материалы, не может быть приписано отдельным физическим эффектам без учета их взаимодополняющего, а иногда и кумулятивного действия. Однако для лучшего понимания данных процессов методически допустимо их раздельное описание.

В ряду технологий переработки древесного сырья естественной влажности особый интерес представляет высокая эффективность вихревой мельницы-нагревателя в получении сухих порошков, преобладающий размер частиц которых составляет десятки

микрон. Несмотря на относительно невысокую электрическую мощность и отсутствие внешних источников тепла, вихревая мельница-нагреватель способна удалять из влажного материала достаточное количество воды за счет ее локального нагрева и испарения.

Кроме этого, часть свободной влаги удаляется за счет ее центробежного отжима и «кинетического» съема влаги с поверхности частиц измельчаемого материала, что исключает затраты энергии на испарение [1].

Для экономичной сушки древесного сырья одновременно с его тонким помолом необходимо интенсифицировать процесс образования новых поверхностей, чтобы связанная влага из внутренних слоев оказывалась на вновь образованных поверхностях доступной для «кинетического» съема, а также обеспечить эффективное отделение воздушно-капельной дисперсии от твердой фазы без ее повторного увлажнения.

Если первое требование связано в основном с количественными и качественными показателями (сколько энергии подведено к объекту и насколько полно она использована для его разрушения), то второе относится к созданию максимальной разности температур и давлений в разных областях камеры помола.

Для нагрева воздуха в вихревой мельнице-нагревателе используется принцип температурного разделения потоков, аналогичный эффекту Ранка, который заключается в том, что в вихревой трубе происходит разделение потока воздуха на два: один имеет температуру выше температуры исходного воздуха, а второй – ниже [2].

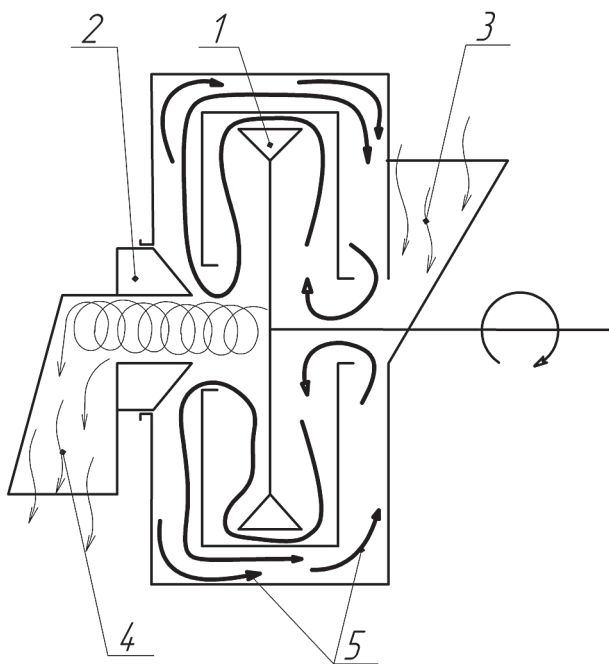


Рис. 1. Принципиальная схема мельницы-нагревателя:
1 – ротор; 2 – дроссельный клапан; 3 – наружный воздух; 4 – холодный поток; 5 – горячий поток

Вихревые холодильно-нагревательные аппараты как противоточного, так и прямоточного типов широко используются в различных отраслях промышленности, в том числе для фазового разделения газожидкостных смесей в химико-технологических процессах, подогрева пара в паротурбинных энергоустановках, энергетической сепарации доменных газов и др. [3]. Именно конструкция вихревых трубок-энергоразделителей дает наиболее полное представление о реализованной в вихревой мельнице-нагревателе модели осушения древесного сырья.

В ней для генерации вихрей использован вращающийся ротор-импеллер, а горячий воздух внешнего вихря после выхода из кольцевого зазора дросселя повторно поступает на вход камеры помола. Таким образом, вихревую мельницу-нагреватель можно рассматривать как частный случай прямоточной вихревой трубы с замкнутым горячим контуром и открытым холодным (рис. 1).

Несмотря на внешнюю простоту устройства, вихревая мельница-нагреватель имеет высокую термодинамическую эффективность, что объясняется рециркуляцией горячего воздуха внешнего вихря через загрузочный

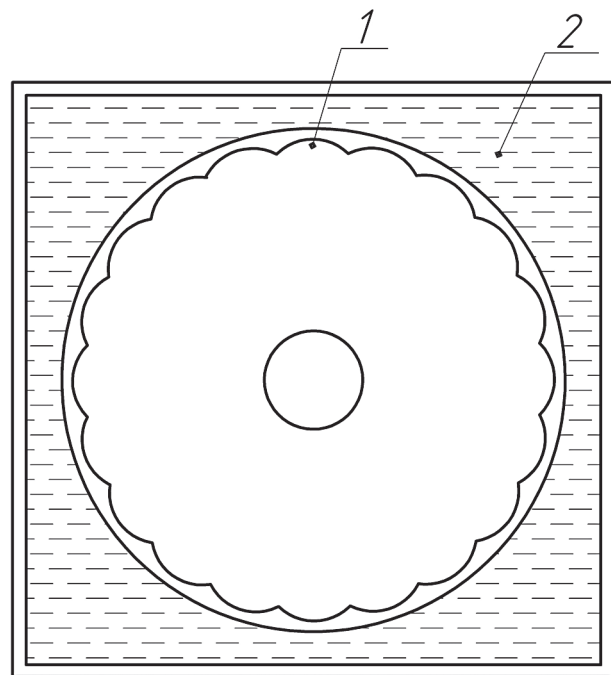


Рис. 2. Схема помольной камеры: 1 – профилированная камера помола с 20 пульсационными камерами, 2 – рубашка охлаждения

патрубок-теплообменник, в котором входящий воздух интенсивно перемешивается с нагретым.

В отдельных случаях при измельчении сухих материалов в условиях высокой температуры окружающей среды вихревая мельница-нагреватель, работающая в режиме рециркуляции горячего воздуха, вырабатывает такое количество излишнего тепла, что это может привести даже к тлению материала в камере помола, что возможно при температуре, близкой к 200 °С. Для борьбы с чрезмерным нагревом аппарат оснащается водяной рубашкой охлаждения (рис. 2) и устройством регулирования границы терморазделения, путем изменения радиального зазора в дроссельном клапане.

Согласно данным, приведенным в монографии [4], расход энергии на получение древесной муки с размерами частиц < 100 мкм у вибрационных мельниц составляет 1000–1200 кВтч на тонну. При этом одним из обязательных условий применения вибромельниц является предварительное дробление сырья, а также его сушка до влажности < 4 %, что еще больше увеличивает энергозатраты на получение порошков.

Вихревая мельница-нагреватель на получение 1 т древесной муки указанного качества из неподготовленного влажного сырья затрачивает в среднем 300 кВтч электроэнергии, что в 3,3–4 раза меньше энергорасхода традиционно используемых для этих целей мельниц.

Очевидно, что для получения таких впечатляющих результатов модель разрушения частиц древесного сырья в вихревой мельнице-нагревателе должна серьезно отличаться от моделей, реализуемых в измельчителях других типов (молотковых дробилках, ножевых размалывающих машинах, вибрационных и воздушоструйных мельницах и др.). К сожалению, на сегодняшний день ни одна из классических теорий измельчения не позволяет установить четкую количественную связь между затратами энергии и размерами начальных и конечных частиц измельчаемого материала, особенно если эти размеры находятся в диапазоне десятков микрон. Теории измельчения Реттингера, Кирпичева-Кикка, Стендлера подходят для расчета грубого помола хрупких материалов, однако они в недостаточной степени учитывают потери энергии на трение частиц о рабочие поверхности мельниц и упругую деформацию исходного материала, не приводящих к его разрушению. При этом разница между расчетным и фактическим энергорасходом мельниц тонкого помола может превышать 500 % [5].

Необычно высокая степень помола древесного сырья в вихревой мельнице-нагревателе тем более трудно объяснима с позиций механического измельчения, если учесть, что конструктивно аппарат не имеет рабочих органов, предназначенных непосредственно для прямого воздействия на частицы измельчаемого материала.

Для объяснения полученного эффекта необходимо рассмотреть процессы механохимии, изучающей изменение свойств веществ в результате интенсивного механического воздействия при их деформировании.

По мнению В.В. Болдырева [6] а также ряда других исследователей [7], существуют два основных физических процесса, которые возбуждают механохимические реакции в

твердых телах: деформация кристаллов (для древесного сырья, макромолекул или надмолекулярных структур) и их разрушение. В ходе этих процессов выделяется тепло, возникают сдвиговые напряжения, обычно сопровождающиеся локальным подъемом температуры и давления, разрывом химических связей на вновь образованных поверхностях и формирование вследствие этого центров с повышенной активностью (свободных радикалов). Аналогичные выводы были сделаны Е.Г. Аввакумовым и для высокомолекулярных органических соединений на основе данных о механодеструкции целлюлозы при ее помоле [7].

Результаты исследований по механохимии полимеров и высокомолекулярных соединений обобщены в обзорных работах А.А. Берлина [8] и Н.К. Барамбойма [9].

Большинство исследователей механохимии твердых тел в качестве первоочередной задачи признают определение запаса избыточной энергии и установление вида концентрации и характера распределения дефектов. При этом наибольшее количество дефектов структуры материала может быть получено в измельчительных аппаратах, обеспечивающих импульсное воздействие на частицы, что является в ряде случаев объяснением кинетического характера протекания механохимических реакций [10].

На основании изложенного, а также обширного экспериментального материала, полученного в ходе разработки и отладки аппарата, можно сделать предположение о физике процесса измельчения древесного сырья в вихревой мельнице-нагревателе. Большая часть введенной в объем камеры помола энергии, вероятно, не расходуется на немедленное образование новых поверхностей, а накапливается в частицах в виде структурных дефектов. Таким образом, характер измельчения имеет ярко выраженную цикличность – сначала происходит накопление дефектов «отложенного измельчения», а по достижении критических значений – взрывное разрушение частиц.

Подобное предположение не противоречит существующей теории измельчения.



Рис. 3. Электронная микрофотография древесной муки полученной на мельнице-нагревателе с 20 пульсационными камерами (увеличение 1000^{*})

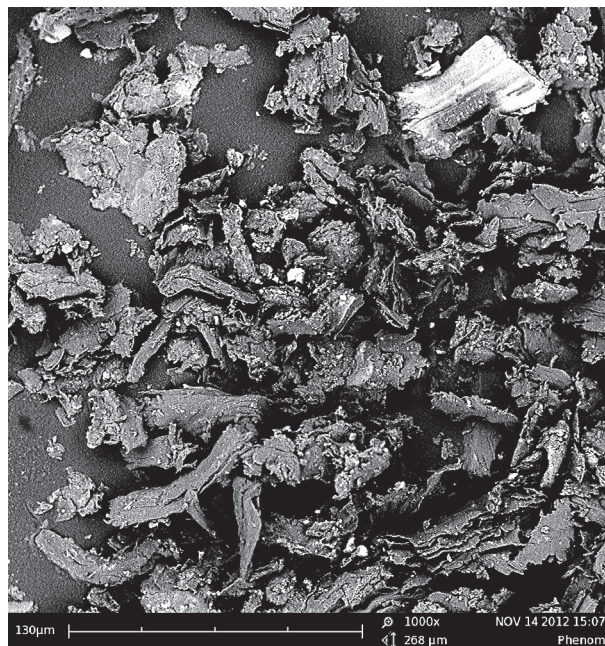


Рис. 4. Электронная микрофотография древесной муки, полученной на мельнице-нагревателе с 50 пульсационными камерами (увеличение 1000^{*})



Рис. 5. Древесная мука, полученная в аппарате с 20 пульсационными камерами



Рис. 6. Древесная мука, полученная в аппарате с 50 пульсационными камерами

Л.Б. Левенсон, основываясь на теории Кирпичева-Кикка, предположил возможность «взрывного» разрушения всего объема измельчаемого материала.

Это подтверждается результатами экспериментов по тонкому помолу опилок хвойных пород древесины в вихревой мельнице-нагревателе.

При исследовании микрофотографий, сделанных на сканирующем электронном микроскопе *Phenom G2*, образцов древесной муки, полученной при разных режимах работы экспериментального аппарата, конструкция которого предусматривала возможность установки статоров с разным количеством

пульсационных камер, были отмечены существенные отличия формы и структуры поверхности частиц.

Древесная мука, полученная на средних режимах работы аппарата с 20 пульсационными камерами статора, имеет достаточно равномерный гранулометрический состав, представлена частицами с сохраненной анатомической структурой природной древесины без явных следов отделения волокон (рис. 3).

Частицы древесной муки, полученной в аппарате с 50 пульсационными камерами статора, выглядят совершенно иначе. Помимо большого количества мелких фрагмен-

тов наблюдается нарушение анатомической структуры, выраженное разделением на слои и отделением отдельных волокон, сами частицы выглядят более «рыхлыми» (рис. 4).

Полученные порошки существенно отличались и по внешнему виду. В первом случае продукт помола представлял собой хорошо сыпучую массу цвета исходной древесины (рис. 5), во втором – это была рыхлая, «ватная» масса серо-бурого цвета (рис. 6). Возможность загрязнения образцов другими материалами полностью исключалась, после обратной установки статора с 20-ю пульсационными камерами из разгрузочного окна вихревой мельницы-нагревателя снова выходила древесная мука светлых тонов.

Наиболее вероятной причиной изменения цвета, формы и структуры поверхности частиц древесины является локальное повышение давления, вызванное быстрым вскипанием внутренней влаги материала или «парового взрыва». Пусковым механизмом данного процесса могут являться скачки давления, которые приводят к срыву пленки пара, что резко интенсифицирует теплообмен, вызывая «микровзрывы» частиц.

Потемнение древесной муки можно объяснить только одной причиной: под влиянием точечного «микронагрева» имеют место локальные конденсационные процессы, происходящие в макромалекулах лигнина. Протолигнин древесины имеет белый цвет. В процессе термической или химической обработки в макромолекуле лигнина увеличивается количество углерод-углеродных связей, структур с сопряженными кратными связями, что является причиной появления желто-коричневых тонов в окраске лигнинсодержащих материалов, а более жесткое воздействие может приводить даже к дегидрированию и дегидратации как лигнина, так и углеводной части древесины, с образованием углеродсодержащих структур, придающих размолотому материалу серый цвет. Этот эффект и наблюдается при получении высокодисперсного продукта при размоле древесины в вихревой мельнице.

В ходе последующих экспериментов было установлено критическое число оборотов ротора-импеллера, количество и объем

пульсационных камер статора, при которых достигался устойчивый эффект по своему действию напоминающий «паровой взрыв».

В целом гипотеза об изменении цвета образцов вследствие локального «парового взрыва» дополняет высказанные ранее предположения о причинах аномально высокой размольной мощности вихревой мельницы-нагревателя. Частичный разрыв (на критических режимах) или существенное ослабление (на рабочих режимах) связей между основными компонентами древесного сырья – целлюлозой, гемицеллюлозами и лигнином – значительно облегчает их дальнейшее измельчение, что и объясняет необычно высокую энергоэффективность вихревой мельницы-нагревателя в получении сухих тонкодисперсных порошков.

Вихревая мельница-нагреватель представляет собой относительно простую механическую конструкцию, для изготовления которой в условиях современного механосборочного производства не требуется сложных технологий и специализированного оборудования. При этом аппарат надежен в эксплуатации и прост в обслуживании, а ресурс его основных изнашивающихся частей вполне сопоставим со сроками службы сменных пластин роторов молотковых мельниц, традиционно используемых для тонкого помола древесного сырья, и может быть с успехом использован для получения тонкодисперсных образцов древесины и других лигнинсодержащих материалов, включая лигноуглеводные композиции и гидролизный лигнин.

Данная работа выполнялась при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного контракта № 16.522.12.2010, заключенного между Министерством образования и науки РФ и ООО «БИОВЕТ-ФЕРМЕНТ» по мероприятию 2.2 федеральной целевой программы: «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007–2013 гг.».

Библиографический список

1. Герман, Х. Шнековые машины в технологии / Х. Геррман. – Л.: «Химия», 1975. – 232 с.

2. Гольдштик, М.А. Вязкие течения с парадоксальными свойствами / М.А. Гольдштик, В.Н. Штерн, Н.И. Яворский – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1989. – 336 с.
3. Сулов, А.Д. Вихревые аппараты. / А.Д. Сулов, С.В. Иванов, А.В. Мурашхин и др. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.
4. Ходаков, Г.С. Тонкое измельчение строительных материалов / Г.С. Ходаков – М.: Стройиздат, 1972. – 240 с.
5. Сиденко, П.М. Измельчение в химической промышленности / П.М. Сиденко – М.: «Химия», 1977. – 368 с.
6. Болдырев, В.В. О некоторых проблемах механики неорганических веществ / В.В. Болдырев // Изв. СО АН СССР. Серия хим. наук. – Вып. 3. – 1982 – № 7. – С. 3–8.
7. Авакумов, Е.Г. Механические методы активации химических процессов. 2-е изд. / Е.Г. Авакумов – Новосибирск: Наука, 1986. – 306 с.
8. Берлин, А.А. Механохимические превращения и синтез полимеров / А.А. Берлин // Успехи химии. – 1958, – Т. 27. – С. 112.
9. Барамбойм, Н.К. Механохимия высокомолекулярных соединений / Н.К. Барамбойм – М.: Химия, 1978. – 384 с.
10. Ильген, З. Поглощение энергии твердыми телами при измельчении в калориметрической мельнице / Ильген З. и др. // Тезисы докладов VIII Всесоюзного симпозиума, Таллин, 1981. – С. 155–156.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ ВЫСУШИВАНИЯ-УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВ

Г.Н. ФЕДОТОВ, *ст. научн. сотр. Института экологического почвоведения, МГУ им. М.В. Ломоносова, д-р биол. наук,*

В.С. ШАЛАЕВ, *проф., директор Института системных исследований леса, МГУЛ, д-р техн. наук*

gennadiy.fedotov@gmail.com

Длительное время в почвоведении доминировала и доминирует физическая модель почв. Считается, что почвы – трехфазные системы (В данном случае используется не физико-химическое понятие фазы, а фаза означает агрегатное состояние. Попытка введения в виде четвертой фазы почвенной биоты была предпринята, чтобы подчеркнуть ее значение для почв, а не с целью изменения физико-химических представлений об их структурной организации и поведении), в которых присутствует в виде почвенных частиц – твердая фаза, почвенный раствор – жидкая фаза и почвенный воздух – газообразная фаза. Почвенные гели воспринимали как плотные образования из коллоидных частиц и относили к твердой фазе почв. Именно такие модельные представления лежат в основе объяснения всех почвенных свойств [1, 2].

Однако исследования показали, что гели, покрывающие и связывающие почвенные частицы [3–5], не являются плотными образованиями и способны набухать при взаимодействии с водой. Процесс набухания почвенных гелей не происходит мгновенно, а протекает в течение нескольких суток (3–7). При этом свойства почв с одинаковыми

влажностями во времени непрерывно изменяются.

Дальнейшее изучение почвенных гелей позволило установить, что они представляют собой студень гумуса, армированный частицами различных размеров и который упрочнен за счет взаимодействия между органическими молекулами. При взаимодействии с водой армированный гумусовый студень ведет себя подобно многим полимерам – набухает, вбирая в себя воду и увеличиваясь в объеме, при высушивании происходит его усадка. Различные воздействия на почву изменяют состояние армированного гумусового студня, что приводит к изменению свойств почв [6].

Коллоидно-химическая модель почв позволяла объяснить ряд явлений, но отсутствие детальных представлений о наноструктурной организации почвенных гелей не давало возможности активно ее использовать. Обнаружение же самоорганизации в почвенных гелях и искусственных гумусовых системах показало, что восприятие гелей с позиций модели «армированного однородного гумусового студня» является явно недостаточным.

Для того чтобы лучше понять строение почвенных гелей, использовали применя-

емый в биофизике принцип анализа сложных многокомпонентных систем [7], который заключается в их упрощении путем:

- Использования системы меньших размеров.
- Применения методов, позволяющих наблюдать за частью системы.
- Сравнения двух почти идентичных систем, когда могут быть понятны эффекты, обусловленные малыми различиями систем.
- Выделения и исследования дискретных состояний системы.

В результате удалось установить наличие нескольких уровней организации гумусовых веществ (ГВ) в почвенных гелях и в почвах [8]:

1. Молекулы низкомолекулярных веществ, образующиеся в результате распада поступающих в почвы биологических остатков.
2. Супермолекулы гумусовых веществ.
3. Фрактальные кластеры из супермолекул гумусовых веществ.
4. Почвенные гели, возникающие при объединении фрактальных кластеров супермолекул гумусовых веществ (Ф-кластеры) и включении состав минеральных частиц.

Получение представлений о структурной организации ГВ в почвенных гелях позволяло понять механизм их функционирования и провести детальный анализ процессов высушивания и увлажнения, без которого реальная замена физической модели почв на коллоидно-химическую модель в почвоведении была невозможна.

Основой предложенной коллоидно-химической модели являются Ф-кластеры [8]. Схема одного из них представлена на рисунке (рис. 1, а). Они взаимопроникают и взаимодействуют между собой, обеспечивая прочность почвенных гелей (рис. 1, б).

Экспериментально показано, что молекулы ГВ обладают гидрофильно-гидрофобными свойствами [9]. На основе строения молекул ГВ – наличия в них расположенных неупорядоченно гидрофильных групп и гидрофобных участков молекул – можно предположить наличие у частиц молекул ГВ мозаичности поверхности (рис. 2).

В растворе вблизи гидрофильных участков поверхности молекул ГВ должны существовать ионные атмосферы [10], перекрывание которых термодинамически невыгодно (рис. 3, а). Гидрофобные же области молекул ГВ должны стремиться контактировать между собой, уменьшая контакт с водой и увеличивая тем самым трансляционную энтропию воды и системы в целом (рис. 3, б).

Рассмотрим с этих позиций процесс высушивания почв.

При удалении воды из системы на основе взаимопроникающих Ф-кластеров в части ветвей появится воздух и будет увеличиваться площадь контакта гидрофильных участков поверхности ГВ с воздухом, то есть должен происходить термодинамически невыгодный процесс. С одной стороны, термодинамически невыгодно уплотнение частиц ГВ в Ф-кластере, которое приведет к перекрыванию ионных атмосфер, а с другой стороны, невыгоден контакт гидрофильных участков с воздухом. Система в

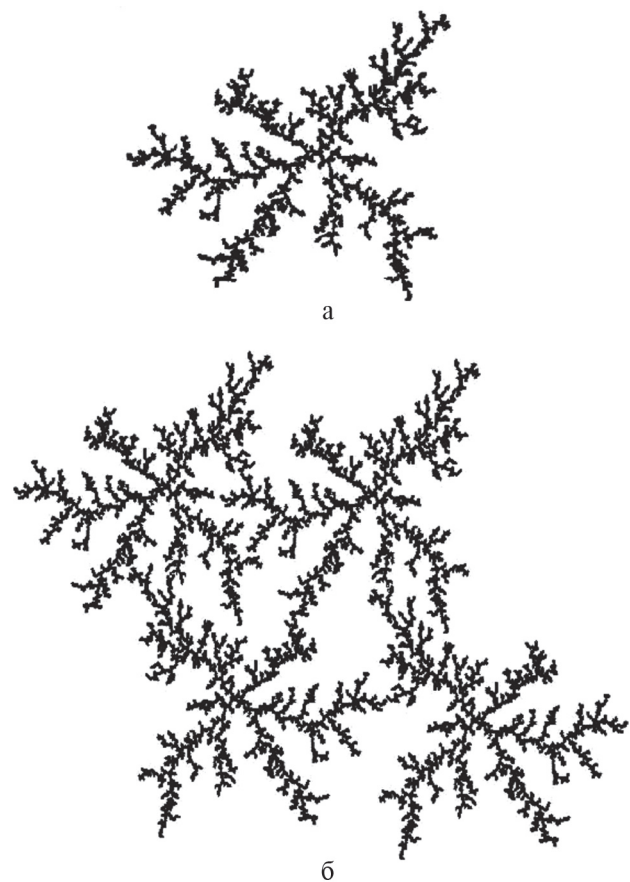


Рис. 1. Схемы фрактального кластера, созданного из 2000 частиц по модели Витена-Сандерса (а), и блока из четырех взаимопроникающих кластеров

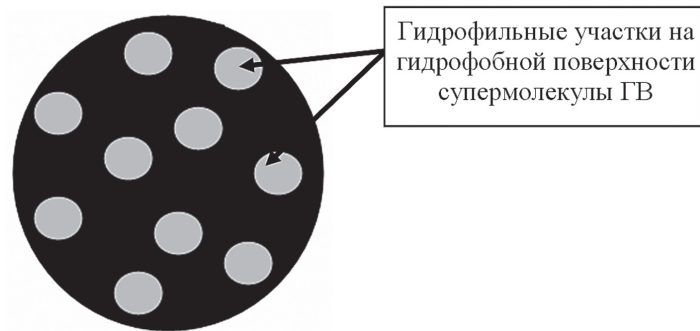


Рис. 2. Общий вид модельной молекулы ГВ

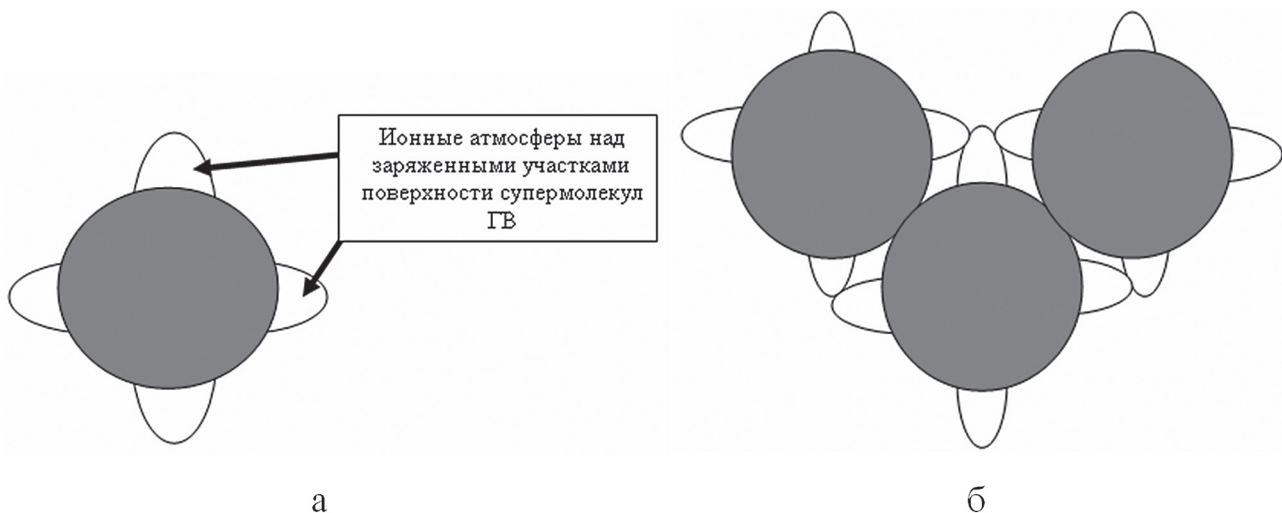


Рис. 3. Ионные атмосферы над поверхностью молекул ГВ в водных растворах и характер взаимодействия молекул ГВ

этих условиях должна изменяться в направлении нового состояния с минимумом свободной энергии. В результате, вероятнее всего, произойдет перестройка структуры фрактального кластера, приводящая к укорачиванию его ветвей и уплотнению. В результате подобной перестройки гидрофобные участки молекул ГВ должны стремиться увеличивать контакт с воздухом и между собой. Все это должно приводить к формированию гидрофобных снаружи и гидрофильных внутри областей ГВ вокруг остающейся в Ф-кластерах воды (рис. 4).

На схеме (рис. 5, а) представлена группа из четырех взаимопроникающих Ф-кластеров почвенного геля в воде (влажной почве). При удалении воды их общий объем должен уменьшаться, а вода должна оставаться только в некоторых участках структуры (рис. 5, б-в). На последнем этапе эта вода тоже будет удалена и, по-видимому, останется только в виде тонкой пленки между контактирующими гидрофильными участками молекул ГВ (рис. 5, г).

Данная модель позволяет объяснить некоторые непонятные факты и обладает определенной предсказательной силой.

Во-первых, снимаются противоречия, связанные с хорошо известной необходимостью затраты энергии для удаления воды из почв и наличием при этом по данным ЯМР в почвах только мономолекулярного слоя связанной воды. Термодинамика процесса становится достаточно очевидной.

Во-вторых, с предлагаемых позиций хорошо объясняются эксперименты по влиянию небольших добавок различных ПАВ на процесс набухания воздушно-сухих образцов почв, когда одни виды ПАВ увеличивают степень набухания, а другие уменьшают [11].

В-третьих, становится совершенно естественной более высокая прочность воздушно-сухих почвенных агрегатов по сравнению с влажными. Из представленных схем следует, что в первом случае необходимо разрушать гидрофильные связи в почвенных гелях, раз-

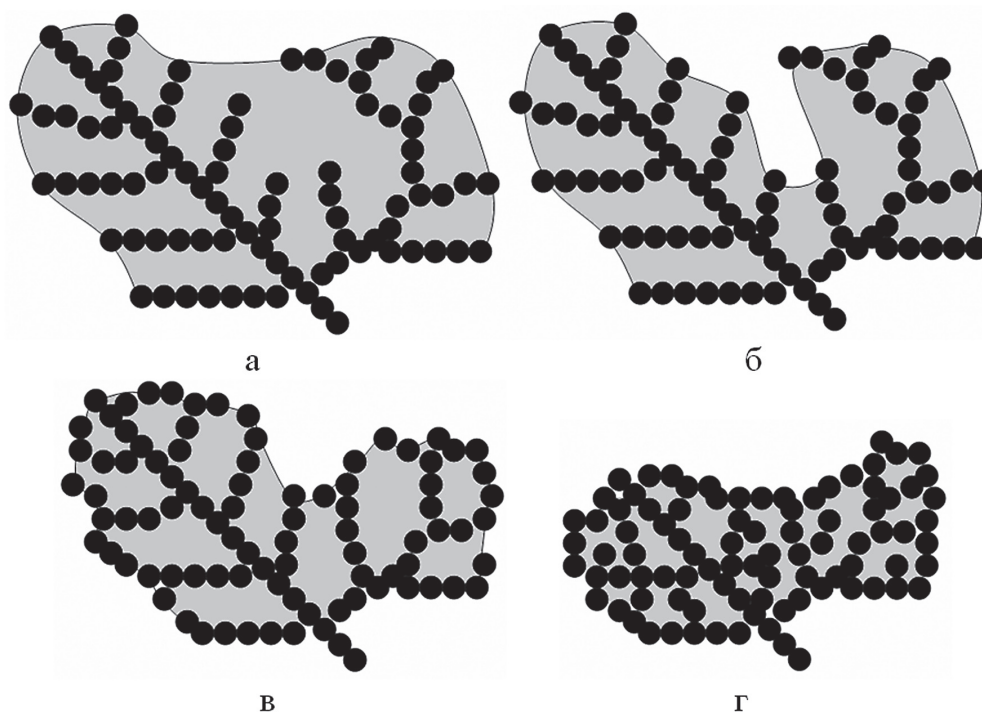


Рис. 4. Предполагаемые перестройки ветвей Φ -кластеров почвенных гелей при высушивании почв

рывающая пленки и частички воды (рис. 5, в-г), а во влажных гелях разрушаются только гидрофобные контакты, которые всегда заметно слабее. Это подтверждается одинаковой прочностью почвенных агрегатов на воздухе и в неполярных жидкостях (октане или декане), а также обнаруженным явлением многократного увеличения водостойкости почвенных агрегатов при их увлажнении и достаточно длительном нахождении во влажном состоянии (сутки и более до проведения испытаний на определение водопрочности) [12]. Таким образом, из предложенных схем следует подтверждаемый экспериментами однозначный вывод о том, что прочность в сухих и влажных почвах (водопрочность) имеет разную природу. Первая обусловлена гидрофильными контактами, а вторая – гидрофобными.

В-четвертых, становится понятной природа явления невозможности возврата воздушно-сухих почв в исходное по содержанию влаги состояние при их увлажнении в парах воды. Из представленных схем следует, что для возвращения почв в исходное состояние необходима перестройка структуры Φ -кластеров, которая заключается в перемещении и изменении взаиморасположения молекул ГВ, а этот процесс может проходить только при на-

личии жидкой фазы воды. Аналогичным образом ведут себя биологические объекты – семена могут набухать и прорасти при контакте с жидкой водой, так как для этого процесса требуется перестройка структуры биополимеров.

В-пятых, существование в почвах в зависимости от влажности двух механизмов, определяющих прочность почвенных гелей и соответственно почвенных агрегатов, позволяет предполагать наличие области влажностей, в которых должен происходить переход от доминирования одного механизма к другому – структурная перестройка Φ -кластеров в почвенных гелях. Данное предположение было подтверждено при изучении методом малоуглового рассеяния нейтронов влияния влажности на фрактальные характеристики коллоидной составляющей некоторых почв, когда были обнаружены скачкообразные изменения этих характеристик (рис. 6), которые для дерново-подзолистой почвы происходили в интервале влажностей 7–9%, а для выщелоченного чернозема – 17–18% [13]. Данный структурный переход должен проявляться во всех почвенных свойствах, и, по-видимому, именно им объясняется существование точек перегиба на кривых основной гидрофизической характеристики (ОГХ) [2] и удельной электропроводности от влажности [14].

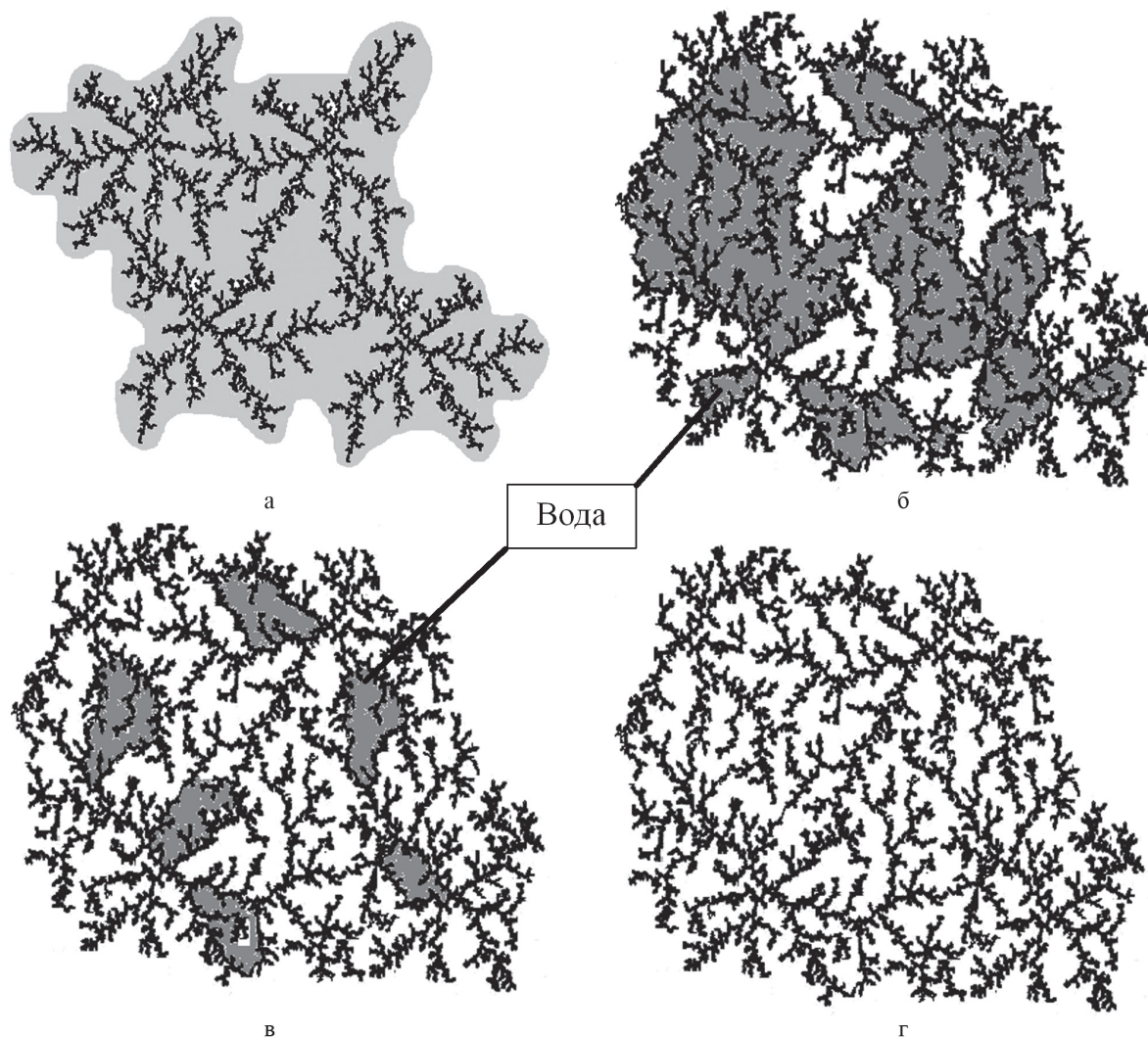


Рис. 5. Взаимопроникающие Ф-кластеры почвенных гелей во влажных почвах (а) и изменения в системе по мере высыхания при различном содержании воды (б-г)

В-шестых, рассмотрение взаимодействия почв с влагой с позиций предлагаемой модели и предложенных схем структурных изменений ГВ в почвенных гелях от содержания в них влаги позволяет объяснить гистерезис ОГХ в области пленочной и сорбционной влаги, а также позволяет выдвинуть предположение о механизме его возникновения. Основой любого гистерезиса всегда является необходимость затрачивать дополнительные усилия на проведение структурных перестроек. При удалении воды, по-видимому, необходимо приводить в контакт молекулы ГВ, чему препятствует расклинивающее давление – отталкивание между ионными атмосферами гидрофильных участков молекул. Это и заставляет затрачивать дополнительные усилия на сближение частиц, которое, в результате, достигается при меньшем

по сравнению с «равновесным» содержанием влаги. Преодоление этого барьера приводит к фиксации молекул ГВ в ближнем минимуме агрегации. При увлажнении необходимо, чтобы частицы (молекулы) ГВ отделились друг от друга и обрели подвижность, что позволит структуре Ф-кластеров перестроиться. Однако для их отделения необходимо, чтобы они имели возможность отойти друг от друга, то есть для этого необходимо существование вокруг них свободного пространства воды. При одной и той же влажности при высыхивании почвы вся вода оказывается связанной, что уменьшает давление паров над почвой, а при увлажнении часть воды еще не вошла в структуру, является свободной и увеличивает давление паров над почвой. Оба процесса обеспечивают смещение содержания влаги в почве от некоего равновес-

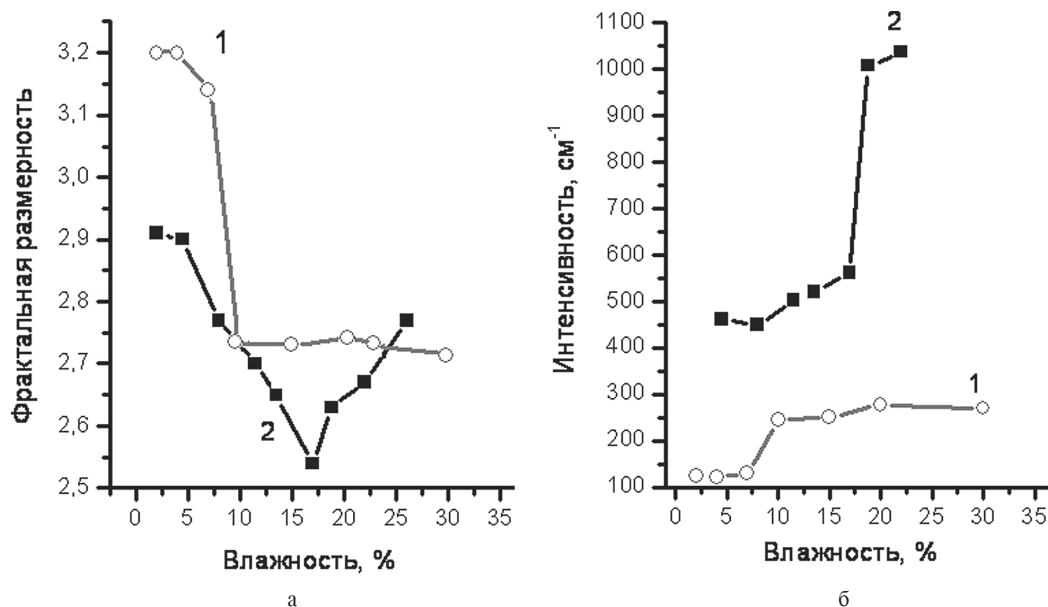


Рис. 6. Зависимость фрактальной размерности (а) и интенсивности рассеяния нейтронов (б) от влажности дерново-подзолистой почвы (1) и чернозема (2)

ного, при котором проходят перестройки, но в разном направлении, что и приводит к возникновению гистерезиса ОГХ. Эти предположения о механизме гистерезиса ОГХ хорошо подтверждаются результатами, полученными при изучении влияния влажности на фрактальные характеристики почв (рис. 6) – при росте влажности происходит рост интенсивности рассеяния, который соответствует росту числа частиц при отделении их друг от друга.

Таким образом, предлагаемая и обоснованная экспериментами коллоидно-химическая модель почв позволяет лучше объяснить характер их взаимодействия с водой. Однако, на наш взгляд, главным ее достоинством является изменение представлений о механизме, обеспечивающем водостойкость почвенной структуры, что позволяет целенаправленно подбирать модификаторы и способы их введения для улучшения структурного состояния почв.

Библиографический список

1. Воронин, А.Д. Основы физики почв / А.Д. Воронин. – М.: МГУ, 1986. – 244 с.
2. Шеин, Е.В. Курс физики почв / Е.В. Шеин. – М.: МГУ, 2005. – 432 с.
3. Ганжара, Н.Ф. Почвоведение / Н.Ф. Ганжара. – М.: Агроконсалт, 2001. – 392 с.
4. Почвоведение. Учеб. для ун-тов. Ч. 1. Почва и почвообразование / Под ред. В.А. Ковды. М.: Высш. шк., 1988. – 400 с.
5. Тюлин, А.Ф. Органо-минеральные коллоиды в почве, их генезис и значение для корневого питания высших растений / А.Ф. Тюлин. – М.: АН СССР, 1958. – 52 с.
6. Федотов, Г.Н. Коллоидно-химическая модель для описания некоторых почвенных процессов / Г.Н. Федотов, Г.В. Добровольский // Почвоведение. – 2006. – №5. – С. 535–545.
7. Кантор, И. Биофизическая химия / И. Кантор, П. Шиммель. – М.: Мир, 1984. – Т. 1. – 336 с.
8. Федотов, Г.Н. Возможные пути формирования наноструктуры в почвенных гелях / Г.Н. Федотов, Г.В. Добровольский // Почвоведение. – 2012. – № 8. – С. 908–920.
9. Милановский, Е.Ю. Гумусовые вещества почв как природные гидрофобно-гидрофильные соединения / Е.Ю. Милановский. – М.: ГЕОС, 2009. – 186 с.
10. Фридрихсберг, Д.А. Курс коллоидной химии / Д.А. Фридрихсберг. – Л.: Химия, 1984. – 368 с.
11. Федотов, Г.Н., Рудометкина Т.Ф. Влияние поверхностно-активных веществ на некоторые свойства почв / Г.Н. Федотов, Т.Ф. Рудометкина // Доклады Академии наук. – 2012. – Т. 447. – №1. – С. 114–117.
12. Федотов, Г.Н. Наноструктурная организация почвенных гелей и водоустойчивость почвенной структуры / Г.Н. Федотов, В.С. Шалаев, Т.Ф. Рудометкина // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2011. – № 5. – С. 34–40.
13. Федотов, Г.Н. Влияние влажности на фрактальные свойства почвенных коллоидов / Г.Н. Федотов, Ю.Д. Третьяков, Е.И. Пахомов и др. // Доклады Академии наук. – 2006. – Т. 409. – № 2. – С. 199–201.
14. Поздняков, А.И. Электрофизические свойства некоторых почв / А.И. Поздняков, Ч.Г. Гюлалыев. – Баку: Адильоглы, 2004. – 240 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ЛЕСОВОЗНЫХ УСОВ И ПОГРУЗОЧНЫХ ПУНКТОВ НА ЛЕСОСЕКАХ

Д.Н. АФОНИЧЕВ, проф. каф. промышленного транспорта строительства и геодезии ВГЛТА, д-р техн. наук,

П.С. РЫБНИКОВ, асп. каф. промышленного транспорта строительства и геодезии ВГЛТА

dmafonichev@yandex.ru

При размещении дорог в сырьевых базах лесозаготовительных предприятий стремятся снизить до минимума затраты на вывозку древесины [1, 2]. Ограничение размеров лесосек, устанавливаемое правилами рубок леса в Российской Федерации, приводит к значительным объемам строительства лесовозных усов, а поэтому очень важно найти оптимальные схемы размещения усов. В работе [3] получена зависимость для установления положения лесовозного уса на лесосеке, характеризующегося меньшими затратами. В работах [4, 5] определено оптимальное смещение уса по направлению грузопотока по ветке, но без учета изменения расстояний между погрузочными пунктами, которое зависит от среднего расстояния трелевки. Кроме этого в работе [5] не рассмотрен вариант примыкания трелевочных волокон длинных и коротких пасек под разными углами. Анализ работ [1–8], посвященных размещению лесовозных усов и погрузочных пунктов на лесосеках, показал, что их основной недостаток – это отдельный поиск взаимосвязанных параметров размещения усов и погрузочных пунктов, хотя данные задачи должны решаться одновременно.

Авторы разработали алгоритм поиска оптимального положения лесовозного уса на лесосеке и размещения погрузочных пунктов для двух вариантов расположения трелевочных волокон:

– вариант 1 – магистральные волокна расположены вдоль уса, пасечные волокна со стороны магистрали (в коротких пасеках) размещаются перпендикулярно усу, а пасечные волокна со стороны границы зоны тяготения магистрали (в длинных пасеках) размещаются параллельно направлению ветки;

– вариант 2 – пасечные волокна расположены параллельно усу, магистральное волокно

со стороны магистрали (в коротких пасеках) размещается перпендикулярно усу, а магистральное волокно со стороны границы зоны тяготения магистрали (в длинных пасеках) размещаются параллельно направлению ветки.

Реализация алгоритма (рисунок) предполагает ввод следующих исходных данных: d_y – ширина зоны тяготения к усу (ширина лесосеки), км; $c_{ПП}$ – затраты на устройство, содержание и ликвидацию погрузочного пункта, руб.; a_0 – протяженность магистрального волокна за пределами пасеки, км; a_K – расстояние от конца магистрального волокна до границы пасеки, км. k_{PM} – коэффициент удлинения магистрального волокна; C_{MB} – удельная стоимость устройства и ликвидации магистрального волокна, руб./км; γ_L – ликвидный запас древесины на лесосеке, м³/га; b_{MB} – стоимость трелевки по магистральному волоку при основных работах, руб./(м³·км); s – расстояние от оси уса до бровки магистрального волокна, км; b_M – стоимость трелевки по магистральному волоку при подготовительных работах, руб./(м³·км); α – угол примыкания уса к ветке, град.; k_{PI} – коэффициент удлинения пасечного волокна; C_{PIB} – удельная стоимость устройства и ликвидации пасечного волокна, руб./км; a_{PI} – расстояние от конца пасечного волокна до границы пасеки, км; s_{MB} – ширина магистрального волокна, км; a_s – расстояние от конца пасечного волокна до оси уса, км; a – ширина зоны тяготения к пасечному волоку, км; b_{PIB} – стоимость трелевки по пасечным волокам при основных работах, руб./(м³·км); b_{PI} – стоимость трелевки по пасечным волокам при подготовительных работах, руб./(м³·км); k_{PB} – коэффициент удлинения ветки; b_B – стоимость вывозки по ветке, руб./(м³·км); s_y – ширина лесовозного уса, км; Δ – шаг изменения ширины пасеки $d_{ПМе}$, км; $d_{ПМmin}$ – минимальная ширина пасеки, км. Для

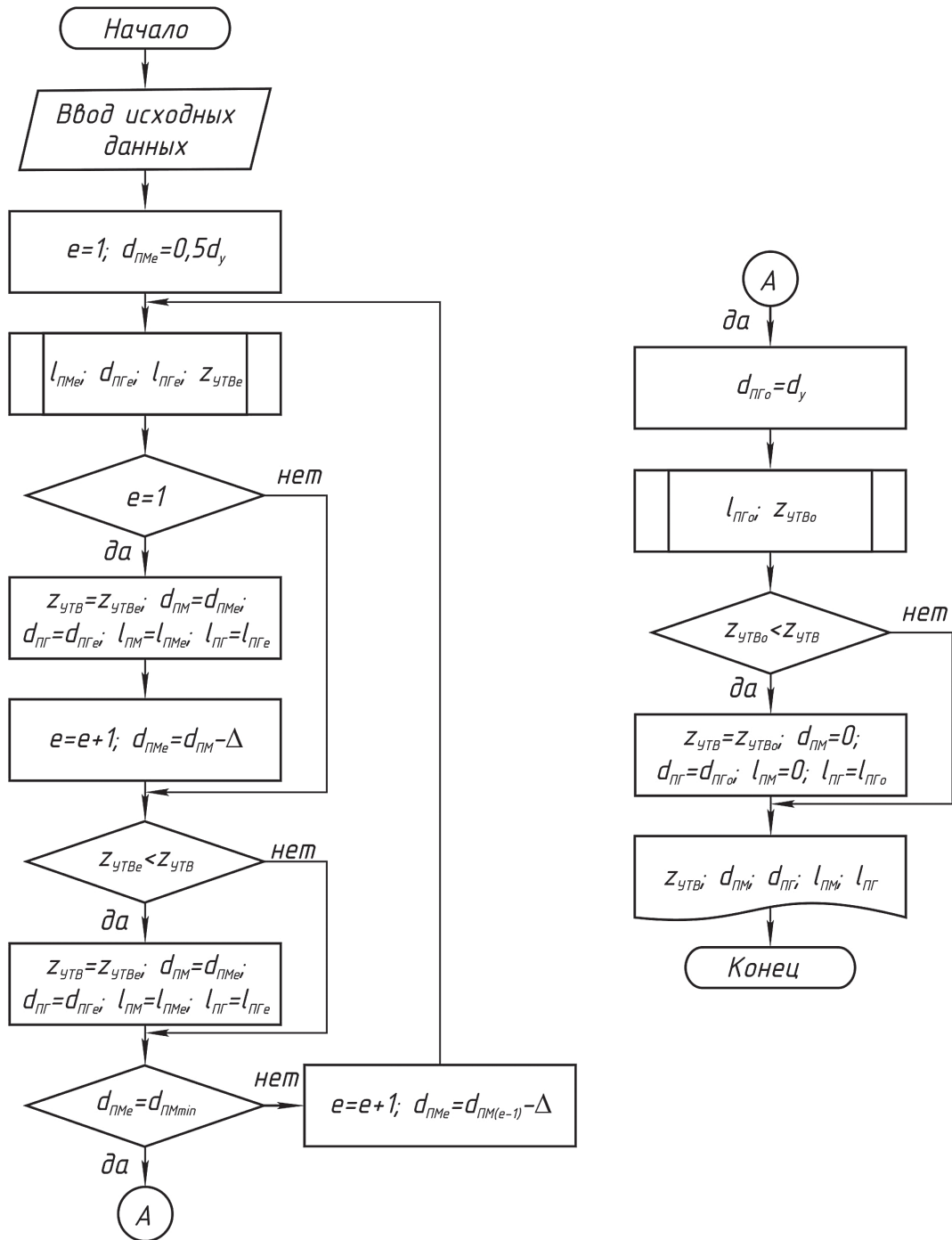


Рисунок. Блок-схема алгоритма расчета параметров размещения лесовозного уса и погрузочных пунктов на лесосеке

варианта 2 не требуется ввод двух параметров: b_M и a_s .

Варьируемый параметр $d_{ПМe}$ – глубина пасеки со стороны магистрали, в нем и во всех величинах, которые являются его функциями, присутствует переменный индекс e , который принимает значения от 1 с интервалом приращения 1 в процессе перебора возможных величин $d_{ПМe}$. Для варианта размещения уса по

краю лесосеки варьируемого параметра нет, но для отделения показателей этого варианта все параметры, которые являются функциями ширины зоны тяготения к усу d_y , имеют дополнительный индекс 0.

Результатом вычислительной процедуры являются значения параметров размещения лесовозного уса и погрузочных пунктов на лесосеке: $d_{ПМ}$ – глубина пасеки со сторо-

ны магистрали, км; $d_{ПГ}$ – глубина пасеки со стороны границы зоны тяготения магистрали, км; $l_{ПМ}$ – расстояние между погрузочными пунктами со стороны магистрали, км; $l_{ПГ}$ – расстояние между погрузочными пунктами со стороны границы зоны тяготения магистрали, км. Указанные параметры соответствуют минимальным суммарным удельным затратам на вывозку древесины по ветке, трелевку и устройство погрузочных пунктов $z_{УТВ}$.

Минимальные суммарные удельные затраты на вывозку древесины по ветке, трелевку и устройство погрузочных пунктов выбираются из всех рассматриваемых вариантов с разными значениями варьируемого параметра $d_{ПМе}$ и варианта с размещением уса по краю лесосеки при котором $d_{ПМ} = 0$ и $l_{ПМ} = 0$.

Суммарные удельные затраты на вывозку древесины по ветке, трелевку и устройство погрузочных пунктов для e -го значения варьируемого параметра $d_{ПМе}$ определяются по формуле

$$z_{УТВe} = \frac{k_{PB} b_B (d_{ПМе} - 0,5s_y)}{\sin \alpha} + \frac{2c_{ПП} + z_{МВМе} + z_{ПВМе} + z_{МВГе} + z_{ПВГе}}{q_{Ме} + q_{Ге}}, \quad (1)$$

где $z_{МВМе}$ – затраты на устройство магистральных трелевочных волоков и на трелевку древесины по ним со стороны магистрали, руб.;

$z_{ПВМе}$ – затраты на устройство пасечных трелевочных волоков и на трелевку древесины по ним со стороны магистрали, руб.;

$z_{МВГе}$ – затраты на устройство магистральных трелевочных волоков и на трелевку древесины по ним со стороны границы зоны тяготения магистрали, руб.;

$z_{ПВГе}$ – затраты на устройство пасечных трелевочных волоков и на трелевку древесины по ним со стороны границы зоны тяготения магистрали, руб.;

$q_{Ме}$ – объем заготавливаемой древесины в пасеке со стороны магистрали, м³;

$q_{Ге}$ – объем заготавливаемой древесины в пасеке со стороны границы зоны тяготения магистрали, м³.

$$q_{Ме} = 100\gamma_{Л} l_{ПМе} d_{ПМе}; q_{Ге} = 100\gamma_{Л} l_{ПГе} d_{ПГе}. \quad (2)$$

Глубина пасеки со стороны границы зоны тяготения магистрали $d_{ПГе}$ зависит от варьируемого параметра $d_{ПМе}$

$$d_{ПГе} = d_y - d_{ПМе}. \quad (3)$$

Для варианта 1 расчет параметров и показателей размещения лесовозного уса и погрузочных пунктов на лесосеке ($l_{ПМе}$, $z_{МВМе}$, $z_{ПВМе}$, $l_{ПГе}$, $z_{МВГе}$, $z_{ПВГе}$) производится в следующей последовательности по формулам

$$l_{ПМе} = 0,14 \sqrt{\frac{c_{ПП} + k_{PM} C_{MB} (a_0 - a_K)}{\gamma_{Л} k_{PM} [b_{MB} (d_{ПМе} - s) + b_M s]}}. \quad (4)$$

$$z_{МВМе} = k_{PM} \left\{ \begin{array}{l} C_{MB} (a_0 + l_{ПМе} - a_K) + \\ + 50\gamma_{Л} l_{ПМе} [b_{MB} (d_{ПМе} - \\ - s) + b_M s] (2a_0 - a_K + l_{ПМе}) \end{array} \right\}. \quad (5)$$

$$z_{ПВМе} = k_{PP} l_{ПМе} \left\{ \begin{array}{l} \frac{C_{ПВ} (d_{ПМе} - a_{П} - s_{MB} - a_S)}{a} + \\ + 50\gamma_{Л} [b_{ПВ} (d_{ПМе} - s) (d_{ПМе} - \\ - a_{П} - s) + b_{П} (s - s_{MB}) \times \\ \times (s - s_{MB} - a_S)] \end{array} \right\}. \quad (6)$$

$$l_{ПГе} = 0,14 \sqrt{\frac{c_{ПП} \sin \alpha + k_{PM} C_{MB} (a_0 \sin \alpha - a_K)}{\gamma_{Л} k_{PM} [b_{MB} (d_{ПГе} - s) + b_M s] \sin \alpha}}. \quad (7)$$

$$z_{МВГе} = k_{PM} \left\{ \begin{array}{l} C_{MB} \left(a_0 + l_{ПГе} - \frac{a_K}{\sin \alpha} \right) + \\ + 50\gamma_{Л} l_{ПГе} \left(2a_0 - \frac{a_K}{\sin \alpha} \right) \times \\ \times [b_{MB} (d_{ПГе} - s) + b_M s] + \\ + 50\gamma_{Л} l_{ПГе}^2 [b_{MB} (d_{ПГе} - s) + b_M s] \end{array} \right\}. \quad (8)$$

$$z_{ПВГе} = k_{PP} l_{ПГе} \left\{ \begin{array}{l} \frac{C_{ПВ} (d_{ПГе} - a_{П} - s_{MB} - a_S) + 50\gamma_{Л} \times \\ \times \left[\frac{b_{ПВ} (d_{ПГе} - s) (d_{ПГе} - a_{П} - s)}{\sin \alpha} + \right. \\ \left. + b_{П} (s - s_{MB}) (s - s_{MB} - a_S) \right] \end{array} \right\}. \quad (9)$$

Для варианта 2 расчет параметров и показателей размещения лесовозного уса и погрузочных пунктов на лесосеке ($l_{МВМе}$ – протяженность магистрального волока в пасеке со стороны магистрали, км, $l_{ПМе}$, $z_{МВМе}$, $z_{ПВМе}$, $l_{МВГе}$ – протяженность магистрального волока в пасеке со стороны границы зоны тяготения

магистрала, км, $l_{ПГe}$, $z_{МВГe}$, $z_{ПВГe}$) производится в следующей последовательности по формулам

$$l_{МВMe} = k_{PM}(a_0 + d_{ПMe} - a_K - s). \quad (10)$$

$$l_{ПMe} = 0,14 \sqrt{\frac{c_{ПП}a - d_{ПMe}C_{ПB}k_{ПП}(a_{П} + s_{MB}) + l_{МВMe}C_{MB}a}{\gamma_{Л}k_{ПП}a[b_{ПB}(d_{ПMe} - s) + b_{П}S]}}. \quad (11)$$

$$z_{МВMe} = k_{PM} \left\{ \begin{array}{l} C_{MB}(a_0 + d_{ПMe} - a_K - s) + \\ + 100\gamma_{Л}b_{MB}l_{ПMe}[(a_0 + \\ + 0,5(d_{ПMe} - a_K - s)) \times \\ \times (d_{ПMe} - s) + a_0s] \end{array} \right\}. \quad (12)$$

$$z_{ПВMe} = k_{ПП}(l_{ПMe} - a_{П} - s_{MB}) \left\{ \frac{d_{ПMe}C_{ПB}}{a} + 50\gamma_{Л}l_{ПMe}[b_{ПB}(d_{ПMe} - s) + b_{П}S] \right\}. \quad (13)$$

$$l_{МВГe} = k_{PM} \left(a_0 + \frac{d_{ПГe} - a_K - s}{\sin \alpha} \right). \quad (14)$$

$$l_{ПГe} = 0,14 \sqrt{\frac{c_{ПП}a - d_{ПГe}C_{ПB}k_{ПП}(a_{П} + s_{MB}) + l_{МВГe}C_{MB}a}{\gamma_{Л}k_{ПП}a[b_{ПB}(d_{ПГe} - s) + b_{П}S]}}. \quad (15)$$

$$z_{МВГe} = k_{PM} \left\{ C_{MB} \left(a_0 + \frac{d_{ПГe} - a_K - s}{\sin \alpha} \right) + 100\gamma_{Л}b_{MB}l_{ПГe} \times \left[\left(a_0 + \frac{d_{ПГe} - a_K - s}{2\sin \alpha} \right) (d_{ПГe} - s) + a_0s \right] \right\}. \quad (16)$$

$$z_{ПВГe} = k_{ПП}(l_{ПГe} - a_{П} - s_{MB}) \left\{ \frac{d_{ПГe}C_{ПB}}{a} + 50\gamma_{Л}l_{ПГe}[b_{ПB}(d_{ПГe} - s) + b_{П}S] \right\}. \quad (17)$$

При размещении лесовозного уса по краю лесосеки формула (1) упрощается, так как остается только одна сторона относительно уса, а суммарные удельные затраты на вывозку древесины по ветке, трелевку и устройство погрузочных пунктов определяются по формуле

$$z_{УТВО} = (c_{ПП} + z_{МВГ0} + z_{ПВГ0})/q_{Г0}, \quad (18)$$

где $z_{МВГ0}$ – затраты на устройство магистральных трелевочных волоков и на трелевку древесины по ним при размещении лесовозного уса по краю лесосеки, руб.;

$z_{ПВГ0}$ – затраты на устройство пасечных трелевочных волоков и на трелевку древесины по ним при размещении лесовозного уса по краю лесосеки, руб.;

$q_{Г0}$ – объем заготавливаемой древесины в пасеке, м³.

$$q_{Г0} = 100\gamma_{Л}l_{ПГ0}d_y. \quad (19)$$

Для варианта 1 при положении уса по краю лесосеки расчет параметров и показателей размещения погрузочных пунктов на лесосеке ($l_{ПГ0}$, $z_{МВГ0}$, $z_{ПВГ0}$) производится в следующей последовательности по формулам

$$l_{ПГ0} = 0,14 \sqrt{\frac{c_{ПП}\sin \alpha + k_{PM}C_{MB}(a_0\sin \alpha - a_K)}{\gamma_{Л}k_{PM} \left[\begin{array}{l} b_{MB}(d_y - s - 0,5s_y) + \\ + b_M(s + 0,5s_y) \end{array} \right] \sin \alpha}}. \quad (20)$$

$$z_{МВГ0} = k_{PM} \left\{ \begin{array}{l} C_{MB} \left(a_0 + l_{ПГ0} - \frac{a_K}{\sin \alpha} \right) + \\ + 50\gamma_{Л}l_{ПГ0} \left(2a_0 - \frac{a_K}{\sin \alpha} \right) \times \\ \times [b_{MB}(d_y - s - 0,5s_y) + \\ + b_M(s + 0,5s_y)] + \\ + 50\gamma_{Л}l_{ПГ0}^2 [b_{MB}(d_y - s - \\ - 0,5s_y) + b_M(s + 0,5s_y)] \end{array} \right\}. \quad (21)$$

$$z_{ПВГ0} = k_{ПП}l_{ПГ0} \left\{ \frac{C_{ПB}(d_y - a_{П} - s_{MB} - a_S)}{a} + 50\gamma_{Л} \left[\frac{b_{ПB}(d_y - s - 0,5s_y)(d_y - a_{П} - s - 0,5s_y)}{\sin \alpha} + b_{П}(s + 0,5s_y - s_{MB})(s + 0,5s_y - s_{MB} - a_S) \right] \right\}.$$

Для варианта 2 при положении уса по краю лесосеки расчет параметров и показателей размещения погрузочных пунктов на лесосеке ($l_{МВГ0}$, $l_{ПГ0}$, $z_{МВГ0}$, $z_{ПВГ0}$) производится в следующей последовательности по формулам

$$l_{МВГ0} = k_{PM} \left(a_0 + \frac{d_y - a_K - s - 0,5s_y}{\sin \alpha} \right). \quad (23)$$

$$l_{ПГ0} = 0,14 \sqrt{\frac{c_{ПП}a - d_yC_{ПB}k_{ПП} \times (a_{П} + s_{MB}) + l_{МВГ0}C_{MB}a}{\gamma_{Л}k_{ПП}a[b_{ПB}(d_y - s - 0,5s_y) + b_{П}(s + 0,5s_y)]}}. \quad (24)$$

$$z_{МВГ0} = k_{PM} \left\{ C_{MB} \left(a_0 + \frac{d_y - a_K - s - 0,5s_y}{\sin \alpha} \right) + 100\gamma_{Л}b_{MB}l_{ПГ0} \times \left[\left(a_0 + \frac{d_y - a_K - s - 0,5s_y}{2\sin \alpha} \right) \times (d_y - s - 0,5s_y) + a_0(s + 0,5s_y) \right] \right\}. \quad (25)$$

$$z_{ПВГ0} = k_{PI}(l_{ПГ0} - a_{П} - s_{MB}) \times \left\{ \frac{d_v C_{ПВ}}{a} + 50 \gamma_{Л} l_{ПГ0} \times \right. \\ \left. \times [b_{ПВ}(d_v - s - 0,5s_v) + b_{П}(s + 0,5s_v)] \right\}. \quad (26)$$

Представленные алгоритм и аналитические зависимости дополняют математическое обеспечение системы автоматизированного проектирования сетей дорог в сырьевых базах лесозаготовительных предприятий и автоматизированной системы технологической подготовки лесозаготовительного производства. На основе приведенного в данной работе алгоритма авторы разработали программу для ЭВМ.

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. Алгоритм расчета в системе автоматизированного проектирования оптимальных параметров размещения лесовозных веток и усов / Д.Н. Афоничев // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – № 5. – С. 82–86.
3. Афоничев, Д.Н. Размещение лесовозного уса на лесосеке / Д.Н. Афоничев // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2009. – № 3. – С. 92–94.
4. Пядухов, А.В. Размещение лесовозного уса на лесосеке с учетом направления грузопотока / А.В. Пядухов // Ресурсосберегающие и экологически перспективные технологии и машины лесного комплекса будущего: Матер. междунар. научно-практич. конф., посвящ. 55-лет. лесоинженерного факультета ВГЛТА / ВГЛТА. – Воронеж, 2009. – С. 340–344.
5. Пядухов, А.В. Влияние угла примыкания лесовозного уса к ветке на величину смещения уса по направлению грузопотока / А.В. Пядухов // Актуальные проблемы лесного комплекса: Межвуз. сб. науч. тр. / ВГЛТА. – Воронеж, 2010. – Вып. 1. – Т. 2. – С. 98–103.
6. Иевлев, А.И. Моделирование и оптимизация лесопромышленных процессов. В 2-х ч. Ч. 2. / А.И. Иевлев, И.А. Сидельников. – Воронеж: ВГЛТА, 1997. – 76 с.
7. Афоничев, Д.Н. Оптимизация размещения внутриплощадочных дорог в сырьевых базах лесозаготовительных предприятий / Д.Н. Афоничев // Природопользование: ресурсы, техническое обеспечение: межвуз. сб. науч. тр. / ВГЛТА. – Воронеж, 2007. – Вып. 3. – С. 36–42.
8. Афоничев, Д.Н. Размещение погрузочных пунктов вдоль лесовозного уса / Д.Н. Афоничев, А.В. Пядухов, П.С. Рыбников // Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте: Межвуз. сб. науч. тр. / ВГЛТА. – Воронеж, 2010. – Вып. 5. – С. 84–87.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОСОГЛАСОВАННОЙ РАБОТЫ КОМПЛЕКТОВ АДАПТИВНО-МОДУЛЬНЫХ ЛЕСНЫХ МАШИН

К.П. РУКОМОЙНИКОВ, доц., докторант каф.ТОЛП МарГТУ, канд. техн. наук

rukomojnikovkp@marstu.net

Перед лесозаготовителями постоянно встает проблема подбора систем машин, позволяющих обеспечить бесперебойную работу в конкретных природно-производственных условиях с минимальными затратами [1]. Особую значимость постановка данного вопроса приобретает при попытке обоснования эффективной технологии использования адаптивно-модульных лесных машин. Возникает необходимость анализа не отдельной лесозаготовительной единицы, а совокупности энергетических и технологических модулей, попарно функционирующих на лесосеке с возможностью их взаимозаменяемости, комбинирования и дополнения при выполнении основных и вспомогательных операций лесосечных работ.

Анализируя возможности технологии использования адаптивно-модульных лесных машин при выполнении всего комплекса операций лесосечных работ, можно отметить, что для полного освоения участка лесного фонда на лесосеках должен быть использован один или более энергетический модуль и столько же или более технологических модулей. На первом этапе подбора энергетических и технологических модулей необходимо определить операцию с максимальной производительностью. Для выравнивания объемов выработки на смежных операциях необходимо наличие одного-двух дополнительных технологических модулей на смежной менее производительной операции. Производительность технологических модулей в отличие от

требований к подбору систем лесозаготовительных машин не обязательно должна быть одинаковой или кратной, достаточно иметь один дополнительный технологический модуль на наиболее трудоемкой операции.

С учетом накопленного опыта, целесообразным представляется разработка компьютеризированной советующей системы принятия решений по обоснованию выбора машин и формирования лесозаготовительных бригад для проведения рубок главного пользования. Имитационное моделирование – один из самых эффективных инструментов исследования сложных систем, когда решение приходится принимать в условиях неопределенности [2–5].

На рис. 1 представлена блок-схема имитационной модели работы с использованием адаптивно-модульных лесных машин в течение всего срока разработки лесосеки с заданным объемом производства.

На первом этапе функционирования модели (блок 1) пользователь вводит исходные данные, касающиеся вырубаемого запаса на лесосеке (z_1); планируемых межоперационных запасов для каждой (i) операции ($z_2^+, z_3^+, z_i^+, \dots, z_b^+$); минимальных значений межоперационный запасов для каждой (i) операции ($z_2^{\min}, z_3^{\min}, z_i^{\min}, \dots, z_b^{\min}$); максимальных значений межоперационный запасов для каждой (i) операции ($z_2^{\max}, z_3^{\max}, z_i^{\max}, \dots, z_b^{\max}$); количества операций технологического процесса (b); – времени смены (T_m), с; нормативного времени замены модуля (t_{3M}), с; первоначального количества энергетических модулей на каждой операции технологического процесса ($n_1, n_2, n_p, \dots, n_b$); первоначального количества технологических модулей на каждой операции технологического процесса ($k_1, k_2, k_p, \dots, k_b$); число часов работы в смену (T_m).

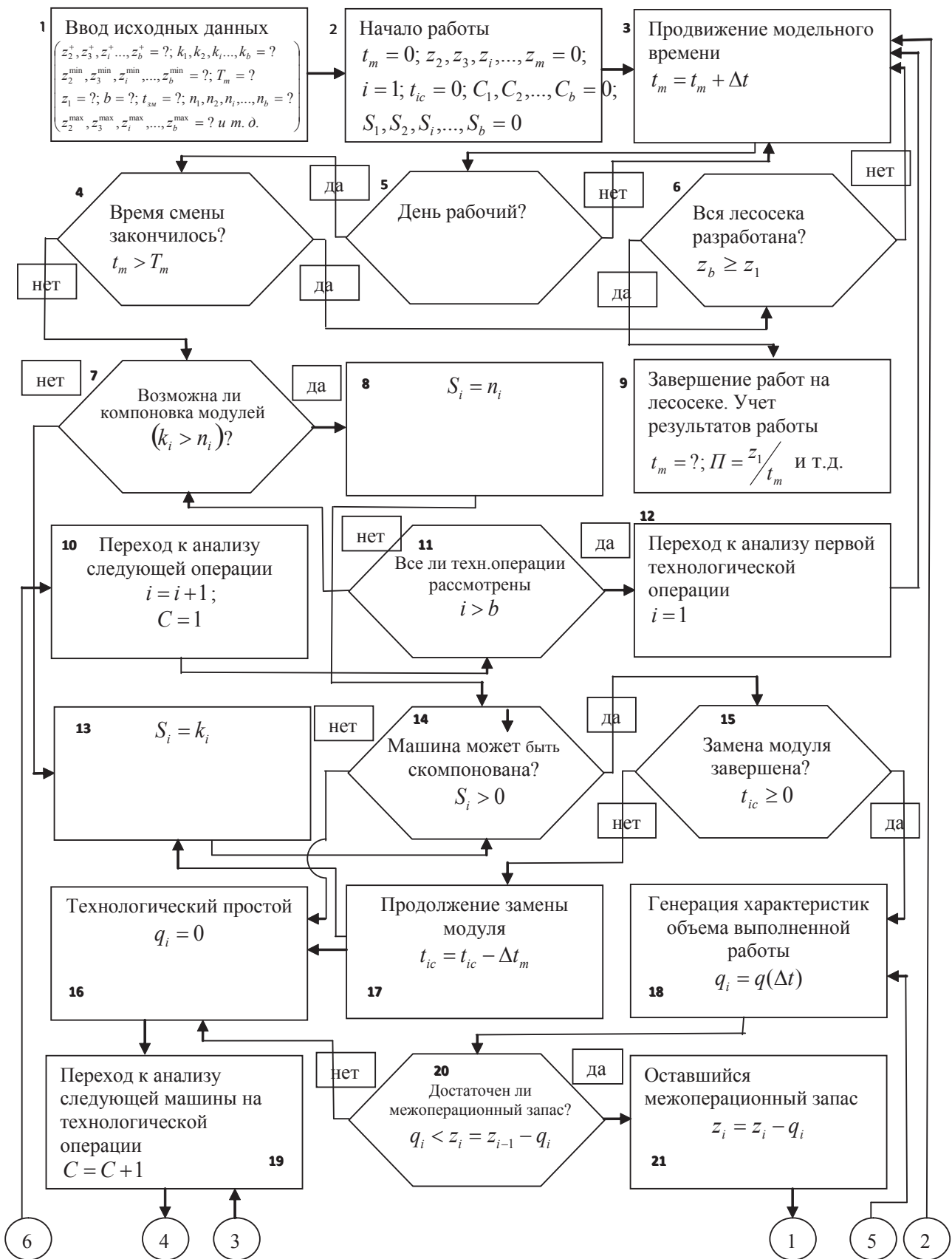
В начале работы модели происходит обнуление основных показателей, отвечающих за начальную стадию функционирования модели (блок 2). Такими показателями являются: $z_2, z_3, z_p, \dots, z_b$ – сформированные межоперационные запасы для i машины; i – анализируемая машина в системе; k_2, \dots, k_m – коэффициенты, фиксирующие достижение планируемой величины межоперационного запаса для i машины. t_m – текущее значение модельного времени, с; C_i – анализируемая машина на i технологической

операции; $S_1, S_2, S_p, \dots, S_b$ – количество машин, состоящих из энергетического и технологического модулей на каждой из операций технологического процесса в анализируемый период времени; t_{ic} – время, оставшееся до полной замены технологических модулей машины C на каждой из i технологических операций, с.

Модель учитывает продвижение модельного времени в течение всего периода разработки лесосеки (блок 3). За единицу модельного времени принято значение Δt , которое может быть изменено в зависимости от требований к точности расчета при имитировании технологического процесса лесосечных работ.

Обоснование организации рабочего процесса в течение смены осуществляется в блоках 4, 5. Отслеживание состояния процесса разработки лесосеки происходит в блоках 6, 9.

На основе указанной пользователем информации о наличии на лесосеке определенного числа энергетических и технологических модулей отслеживается возможность компоновки новых машин на каждой технологической операции (блоки 7, 8, 13). Таким образом, достигается возможность обоснования рационального времени замены модуля на одной из операций в том случае, если между двумя смежными технологическими операциями сформировался значительный технологически нерациональный запас лесоматериалов, а на одной из рассматриваемых операций (менее производительной) имеется дополнительный технологический модуль. Если все условия позволяют произвести формирование машины исходя из имеющихся в модельный момент времени на технологической операции энергетических и технологических модулей (блок 14), то в дальнейшем после генерации объема выполненной работы происходит дальнейший расчет взаимодействия машин между технологическими операциями. Если же условия не позволяют произвести формирование машины, например энергетический модуль в данный момент задействован на другой технологической операции, то осуществляется переход к следующей технологической операции в обход предыдущей (блок 10). Дальнейший переход анализа между операциями осуществляется посредством блоков 11, 12, 19, 22. Время на



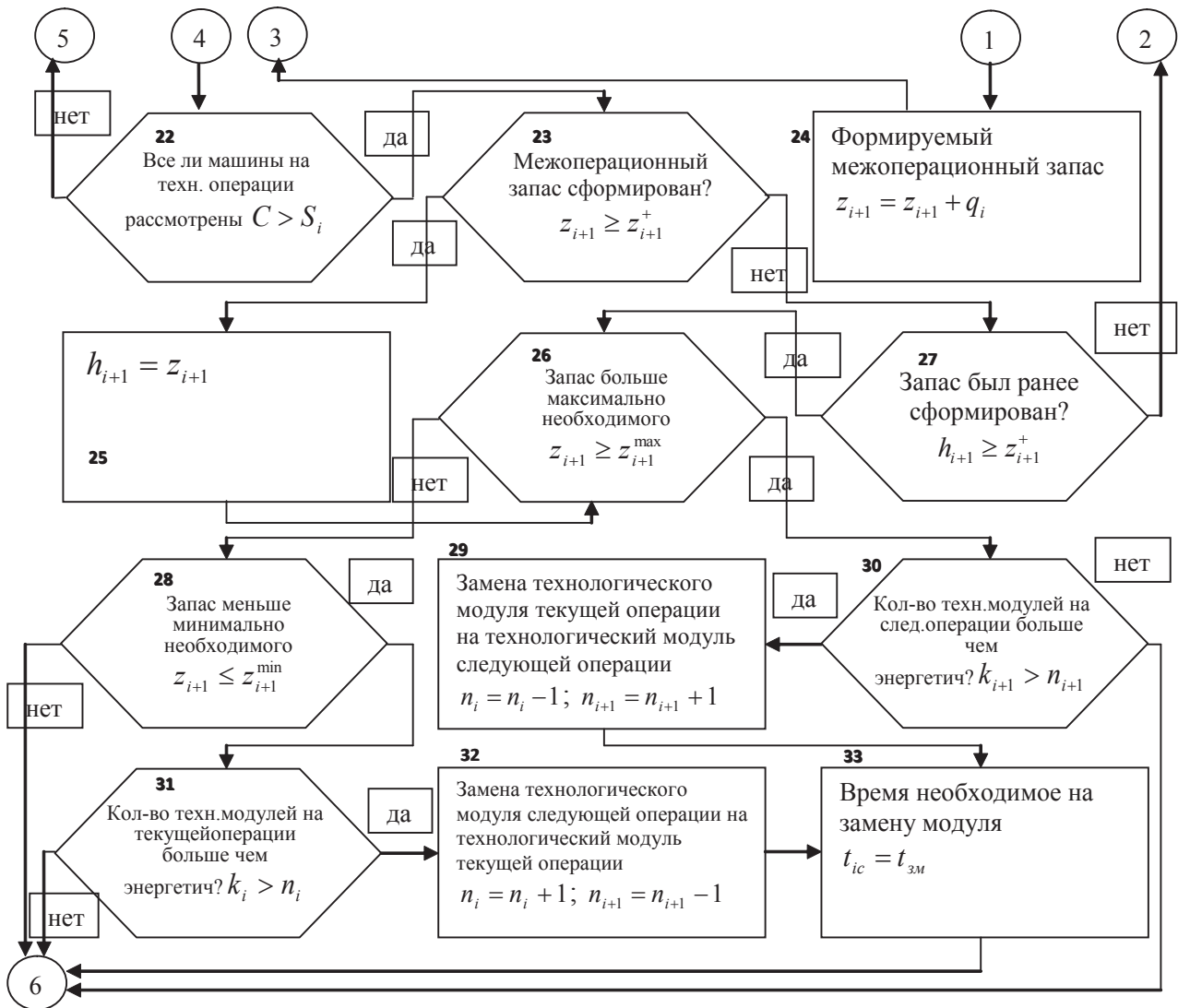


Рис. 1 Модель функционирования комплекта машин на базе модульного принципа компоновки энергетических и технологических модулей

замену модуля регистрируется блоками 15, 17, 29, 30, 31, 32, 33. При этом фиксируется время технологического простоя модулей (блок 16). Замена технологических модулей предусматривается, когда объем межоперационных запасов меньше оговоренного пользователем на начальном этапе функционирования модели минимального значения межоперационных запасов на каждой операции $z_2^{\min}, z_3^{\min}, z_i^{\min}, \dots, z_b^{\min}$ (блок 32), либо больше, чем их максимальное значение $z_2^{\max}, z_3^{\max}, z_i^{\max}, \dots, z_b^{\max}$ (блок 29).

Необходимость создания и поддержания на определенном, рассчитанном для конкретных условий уровне запасов деревьев (хлыстов, сортиментов) между каждой парой операций является важной задачей современного лесозаготовительного предприятия. Постоянное

отслеживание величины межоперационного запаса позволяет обосновать рациональное время замены модулей при его значительном накоплении или снижении ниже технологически рационального предела (блоки 20, 21, 23–28). Блок 27 предназначен для обеспечения достаточного запаса на первом этапе освоения лесосеки и позволяет обеспечить начальную стадию работы последующих машин после окончательного формирования запаса лесоматериалов, необходимого для их эффективной работы.

Генерация объема выполненной работы на каждой из операций технологического процесса осуществляется в блоке 18. Данный блок отслеживает работу каждой отдельной машины в системе на каждой технологической операции. Он учитывает время, необходимое на

захват дерева, его спиливание, пакетирование, обрезку сучьев, раскряжевку, трелевку и другие операции технологического процесса в каждый момент модельного времени с учетом времени, необходимого на перемещение по лесосеке машин, задействованных на трелевку древесины и прочие операции на основе генерации основных характеристик имитируемого древостоя.

Последовательность использования технологических модулей на различных технологических операциях может быть различна. Один из графических вариантов создания, пополнения, потребления и выработки объемов межоперационных запасов с учетом подключения дополнительных технологических модулей может иметь вид, изображенный на рис. 2.

Данная схема предусматривает использование четырех технологических и трех энергетических модулей. Наименее производительной машиной из имеющегося на предприятии комплекта машин является машина модульного типа, задействованная на валке деревьев. На этой же операции имеется дополнительный четвертый технологический модуль. В представленном варианте разработка лесосеки начинается с использования на валке двух энер-

гетических и двух технологических модулей. Таким образом анализируется вариант первоначальной загрузки основного и дополнительного технологических модулей. Обрезка сучьев и раскряжевка по решению исследователя на данном этапе не предусматривается. Для этого пользователь наряду с основными параметрами вводит в модель следующую информацию:

- первоначальное количество энергетических модулей на каждой операции технологического процесса ($n_1 = 2, n_2 = 0, n_3 = 1$);
- первоначальное количество технологических модулей на каждой операции технологического процесса ($k_1 = 2, k_2 = 1, k_3 = 1$).

В процессе функционирования модели достигается момент создания запаса, объем которого превышает введенное исследователем максимальное значение межоперационного запаса z_2^{\max} . Этот этап работы имеет продолжительность t_1 . Дальнейшее действие алгоритма заключается в переводе одного из энергетических модулей на операцию обрезки сучьев и раскряжевки $n_2 = 1, k_2 = 1$. При этом модель формирует машину, задействованную на данной операции $S_2 = 1$. На ее формирование, связанное с заменой технологического модуля, затрачивается время t_{3M} . На следующем этапе в течение времени t_2 одна полностью скомплектованная на основе модульного принципа машина используется на валке, а другая – на обрезке сучьев и раскряжевке. Ввиду того, что выявленная в результате имитационного моделирования выработка на валке меньше, чем на обрезке сучьев и раскряжевке, происходит постепенное уменьшение величины межоперационного запаса z_2 , что в результате приводит к его снижению до уровня менее определенного пользователем минимального значения запаса поваленных деревьев $z_2 < z_2^{\min}$. Возникает целесообразность повторной замены технологических модулей и формирования двух машин на операции валки деревьев. Трелевка сортиментов начинается с момента формирования межоперационного запаса z_3 . Начало этого процесса обуславливается достижением соотношения $z_3 \geq z_3^+$. Анализируя представленный рисунок, можно отметить, что в течение всего времени функционирования имитационной модели межоперационный запас сортиментов находился в пределах $z_3^{\min} <$

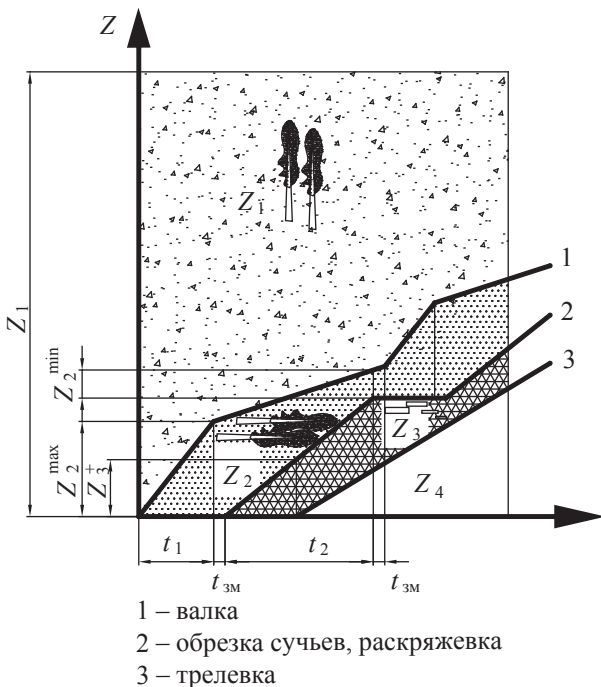


Рис. 2. Пример изменения объемов валки, обрезки сучьев, раскряжевки, трелевки и запасов между ними с учетом подключения дополнительного технологического модуля на валке деревьев

$< z_3 < z_3^{\max}$, поскольку замены технологического модуля на трелевке сортиментов не наблюдается. В результате работы машины S_3 происходит образование запаса z_4 , формируемого на погрузочном пункте.

Используя модель функционирования комплекта машин на базе модульного принципа компоновки энергетических и технологических модулей можно имитировать процесс выполнения комплекса технологических операций лесосечных работ на различных этапах освоения лесосек в разнообразных природно-производственных условиях. Расчеты могут быть проведены с учетом различных условий окружающей природной среды, технических показателей функционирования машин и механизмов, организационных и иных показателей, с возможностью перераспределения энергетических и технологических модулей между операциями лесосечных работ. Модель учитывает все многообразие вариантов комбинации энергетических и технологических модулей. Она не предусматривает оптимизации производственного процесса, но позволяет оценить эффективность различных вариантов его организации в различных природно-производственных условиях.

В результате расчетов может быть выявлена наиболее целесообразная технология освоения лесосеки и функционирования на ее базе рационально подобранных комплектов адаптивно-модульных лесных машин при выполнении всего комплекса операций лесосечных работ. Использование рационально подобранных комплектов адаптивно-модульных лесных машин позволит сократить затраты на

формирование парка машин и механизмов, организовать эффективный технологический процесс освоения участков лесного фонда с минимальными технологическими простоями.

Статья подготовлена в рамках научно-исследовательской деятельности ФГБОУ ВПО «Марийский государственный технический университет» по заданию Министерства образования и науки РФ в 2012 г. № 7.1846.2011. по теме «Разработка основных технико-технологических подходов к внедрению и реализации промышленной технологии освоения лесных участков на базе комплексного решения задач технологического процесса лесосечно-лесовосстановительных работ с совмещенным лесовосстановлением».

Библиографический список

1. Ширнин, Ю.А. Технология и оборудование лесопромышленных производств. Ч. 1. Лесосечные работы : учеб. пособие / Ю.А. Ширнин – М.: МГУЛ, 2004. – 446 с.
2. Виногородов, Г.К. Лесосечные работы / Г.К. Виногородов – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 272 с.
3. Заикин, А.Н. Совершенствование теории, методов и моделей интенсификации лесосечных работ: дисс. ... д-ра техн. наук 05.21.01/ А.Н. Заикин. – Брянск, 2010. – 40 с.
4. Климушев, Н.К. Моделирование технологических процессов лесопромышленного производства : учеб. пособие / Н.К. Климушев, О.М. Прудникова. – Ухта: УГТУ, 2003. – 76 с.
5. Рябухин, П.Б. Оптимизация параметров технологических процессов лесопромышленного комплекса Дальнего Востока на принципах устойчивого лесопользования: дисс. ... д-ра техн. наук 05.21.01/ П.Б. Рябухин – Хабаровск: Тихоокеан. гос. ун-т, 2008. – 38 с.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ К СОЗДАНИЮ РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ ПОКВАРТАЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ УЧАСТКОВ ЛЕСНОГО ФОНДА

К.П. РУКОМОЙНИКОВ, доц., докторант каф. ТОЛП МарГТУ, канд. техн. наук

rukomojnikovkp@marstu.net

Лесной кодекс РФ и положение об аренде участков лесного фонда вменяют в обязанности лесопользователя наряду с лесозаготовками выполнять лесовосстановительные работы. Одной из форм комплексного

ведения работ в лесу является поквартальный и блочный методы. Сущность поквартального метода заключается в том, что во всем квартале проводятся все предусмотренные лесопользованием виды работ [1]. Блочный метод

в дополнение к поквартальному предполагает вовлечение в концентрацию производства сразу несколько кварталов [2].

При поквартальном методе освоения участков лесного фонда технологическая карта составляется целиком на квартал [3]. Погрузочные площадки, расположенные по периметру, используются для освоения смежных кварталов. При организации территории квартала (блока кварталов) погрузочные пункты следует размещать так, чтобы их можно было использовать при всех видах работ.

Разработанная на кафедре МарГТУ программа предназначена для автоматизированного создания технологической карты поквартального освоения участков лесного фонда. Программа предусматривает проектирование на основе геоинформационной системы *MapInfo Professional 9.5*, предоставляющей пользователю характеристики древостоя, рельефа местности и территориального положения разрабатываемых выделов в пределах квартала и разработана на встроенном в ее

оболочку языке программирования *MapBasic 9.0*.

Программа позволяет решать вопросы комплексного освоения квартала не только при организации на его территории лесосечно-лесовосстановительных работ с использованием традиционных методов искусственного восстановления леса, но и дает возможность оценить эффективность размещения транспортных путей в квартале при реализации варианта ведения лесосечных работ с совмещенным лесовосстановлением, предусматривающим пересадку подростка с мест, где он был бы поврежден при лесозаготовках на участки с недостаточным количеством подростка хозяйственно ценных пород деревьев. Идея выполнения работ с совмещенным лесовосстановлением в границах квартала является продолжением совместных научных разработок коллектива исследователей МарГТУ и МГУЛ, подтвердивших ее актуальность и экономическую целесообразность [4–6]. Первоначально при использовании программы пользователь осу-

Параметр	Значение
Себестоимость машино-смены АВПП (руб)	1 842
Себестоимость машино-смены трелевочной машины	2 000
Скорость АВПП (м/сек)	1
Скорость трелевочной машины (м/сек)	0,7
Число часов работы в смену на ЛВБ (час)	8
Число часов работы в смену на ЛС (час)	8
Объем трелеваемой пачки лесоматериалов	6
Количество подростка в кузове АВПП (шт.)	24
Коэффициент использования времени смены на ЛВБ	0,8
Коэффициент использования времени смены на ЛС	0,8
Стоимость прокладки 1 метра магистрального волока	150
Коэффициент искривления магистральных волоков (технологических корридоров, пересекающих квартал)	1,1
Коэффициент искривления магистральных волоков, идущих от лесных участков	1,1
Коэффициент повреждаемости подростка при использовании планируемой технологии лесозаготовок с процентом изреживания 81-100	0,8
Коэффициент повреждаемости подростка при использовании планируемой технологии лесозаготовок с процентом изреживания 61-80	0,6
Коэффициент повреждаемости подростка при использовании планируемой технологии лесозаготовок с процентом изреживания 41-60	0,5
Коэффициент повреждаемости подростка при использовании планируемой технологии лесозаготовок с процентом изреживания 21-40	0,4
Коэффициент повреждаемости подростка при использовании планируемой технологии лесозаготовок с процентом изреживания 0-20	0,2

OK

Рис. 1. Пример одного из окон запроса информации при запуске программы анализа вариантов прокладки транспортных путей в квартале с использованием ГИС

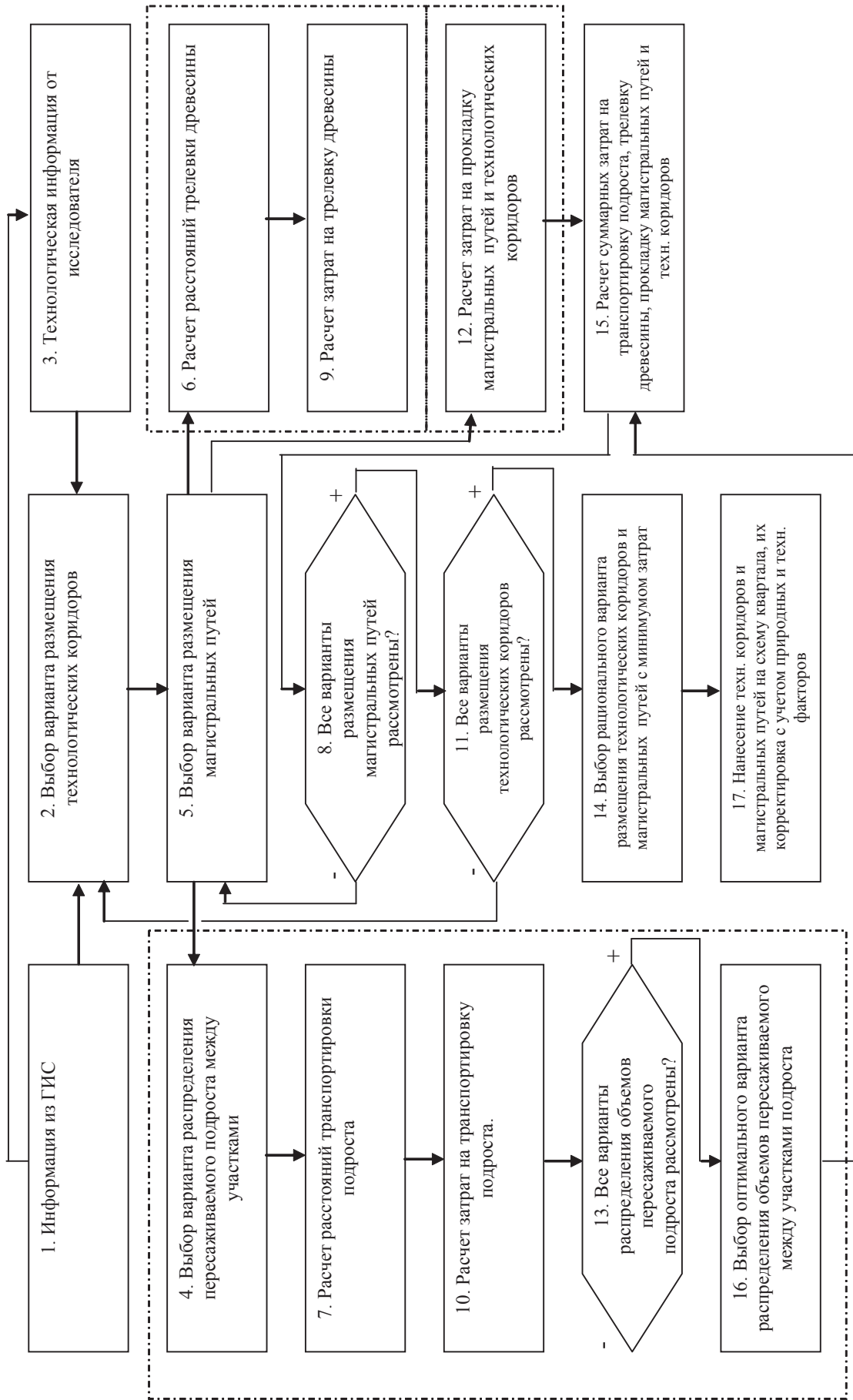


Рис. 2. Алгоритм решения задачи анализа вариантов прокладки транспортных путей в квартале с использованием ГИС

ществляет ввод данных, касающихся технологии ведения работ в квартале. Задаваемые пользователем параметры отражены на рис. 1. Информация, вводимая пользователем, включает характеристики выполняемых работ и используемых для транспортных операций машин и механизмов. Она может охватывать технологические характеристики ведения лишь лесосечных работ на выделках, находящихся на территории квартала, при традиционном способе лесовосстановления. В этом случае задача поиска эффективного решения значительно упрощается и является частным случаем решения поставленной перед программой и пользователем общей задачи, так как в данной ее постановке отсутствуют вопросы, связанные с транспортировкой подростка [7–9], и программа может быть использована для обоснования направления технологических коридоров, магистральных волоков и обустройстве погрузочных пунктов в отсутствие на территории квартала подростка хозяйственно ценных пород, что значительно расширяет область ее использования. Задача функционирования программы в общем случае значительно сложнее. Она охватывает весь комплекс лесосечных и лесовосстановительных операций, связанных с пересадкой подростка, и наряду с выбором направления трелевки позволяет осуществить выбор направления транспортировки подростка, количественных характеристик его пересадки с каждого отдельного выдела на территорию других выделов квартала. Выкопка, транспортировка и посадка подростка в данном случае может выполняться как машинным, так механизированным или ручным способом.

Территориальные, качественные и количественные характеристики древостоя на территории отмеченных пользователем выделов, рельефа и характеристик почвенно-грунтовых условий местности в пределах квартала предлагаются пользователю геоинформационной системой *MapInfo Professional 9.5* на основе сведений, получаемых ею из информационных карт участков лесного фонда, содержащих необходимую для функционирования программы информацию. В системе *MapInfo Professional 9.5* доступны огромные объемы

информации. Данные хранятся в электронных таблицах о характеристиках анализируемых участков лесного фонда, каждого из множества выделов, расположенных на территории квартальной сети рассматриваемой территории. Электронные носители содержат массу разнообразных данных, касающихся окружающей природной среды и т.п. Сведения о персонале, оборудовании можно представить на тематических картах и графиках, а также других наглядных формах. Одним из основных свойств работы системы является обеспечение качественно нового уровня оперативности работы при проектировании технологической карты разработки лесного квартала. Настольная картография использует географические компоненты данных. Это позволяет компьютеру более точно уловить смысл отражаемой в табличной форме информации и дает возможность не просто обрабатывать данные, а быстро и наглядно представлять их. Существует возможность создавать свои собственные карты, используя либо *MapInfo*, либо специализированные чертежные пакеты программ.

Применение алгоритма (рис. 2) основывается на использовании данных геоинформационной системы (ГИС): пространственных характеристик разрабатываемых выделов; информации о наличии или отсутствии подростка, запаса леса на территории разрабатываемых участков и т.д.

Осуществив ввод технологической информации численного характера, пользователь имеет возможность с использованием функциональных особенностей геоинформационной системы *MapInfo Professional* указать на карте площадки, которые могут быть предназначены для выполнения погрузочно-разгрузочных и иных операций в ходе обрабатываемых и переместительных операций лесосечных работ, а также места, которые могут быть использованы для временного хранения подростка с учетом сезонности выполнения работ с его использованием. Необходимо указать сведения о грузоместимости и грузообороте подобных площадок. Площадки могут быть выбраны пользователем в результате натурного обследования лесосек и выявления мест с минимальным количеством подростка и дере-

вьев других ярусов, подлежащих сохранению при рубке. Пользователь может указать все возможные места их размещения и стоимость обустройства. Программа в дальнейшем имеет возможность автоматического выбора экономически наилучших участков, отводимых под погрузочные пункты и места временного хранения подроста с учетом их территориального расположения по отношению к разрабатываемым выделам на территории квартала. При вводе информации о проектируемой технологической площадке каждой из них обязательно присваивается отдельное характеризующее ее численное обозначение, позволяющее не только занести вышеобозначенные интересующие пользователя данные, но и идентифицировать ее положение на территории квартала в геоинформационной системе *MapInfo Professional*. При недостаточной грузоподъемности подобных участков, не позволяющей разместить весь объем вывозимых лесоматериалов, пользователь будет извещен о технологической ошибке при вводе информации. В случае если площади, предполагающие высадку и временное хранение подроста, не позволяют разместить весь подрост, который может быть поврежден при рубке, то будет рекомендовано осуществить его транспортировку и высадку на наиболее экономически целесообразных участках во избежание повреждения при выполнении лесосечных операций. Пользователь вправе самостоятельно принять решение о возможности осуществления данного варианта либо сбалансировать постановку задачи при анализе объемов выкопки и посадки подроста.

При размещении транспортных путей в пределах квартала с точки зрения снижения затрат на транспортировку подроста между местами его выкопки и посадки и местами временного хранения подроста в пределах квартала одной из первоочередных задач, стоящих перед исследователем, является обоснование рациональной прокладки сети технологических коридоров, обеспечивающих минимальные расстояния транспортировки подроста. Решение данной задачи позволит сократить повреждение лесного почвенного покрова и повысить производительность при транспортировке подроста. Математическое решение данной задачи

возможно с использованием метода наименьших квадратов, обеспечивающего минимальные расстояния между участками и транспортными путями, расположение которых задано в виде функции. В результате различного расположения участков, нуждающихся в пересадке подроста, в каждом отдельном квартале или группе кварталов невозможно подобрать универсальную схему размещения транспортных путей оптимальную для всевозможных условий выполнения комплекса лесосечно-лесовосстановительных работ в квартале. Программное обеспечение, позволяющее спроектировать технологическую карту освоения квартала, имеет возможность предварительного анализа рационального расположения технологического коридора с возможностью его дальнейшей корректировки в результате технико-экономических расчетов выполнения комплекса операций лесосечно-лесовосстановительных работ.

Схема размещения технологического коридора может включать не только прямолинейные, но и криволинейные участки и должна быть согласована с конкретными условиями территориального произрастания подроста в квартале, а также техническими и технологическими рубками, определяющими объемы нуждающегося в пересадке подроста. В квартале может быть как один, так и несколько взаимосогласованных технологических коридоров, используемых как на лесосечных, так и на лесовосстановительных работах, что позволяет сократить среднее расстояние трелевки и уменьшить трудоемкость выполнения работ. В связи с этим корректировку предварительной траектории технологического коридора осуществляет пользователь.

При поиске вариантов прокладки технологических коридоров и магистральных волоков в квартале пользователь имеет возможность самостоятельного выбора варианта их размещения. Данный вариант может быть предложен программе на этапе ввода технологических данных. Пользователь самостоятельно отмечает на карте в среде *MapInfo* наиболее рациональные с его точки зрения варианты, причем каждый выдел (отмечены на рис. 3 цифрами) может иметь несколько вариантов транспортных путей (отмечены пунктирными

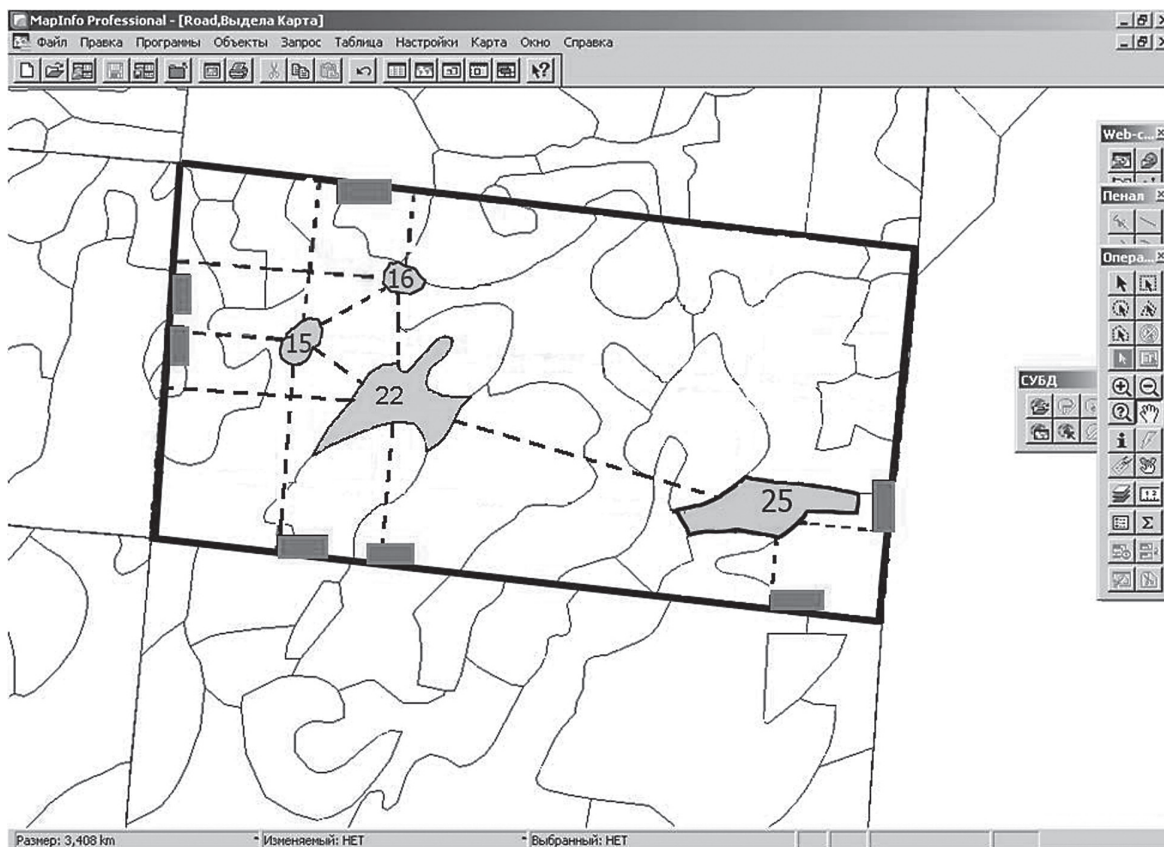


Рис. 3. Выбор схемы размещения магистральных волоков в квартале в окне MapInfo Professional

СОГЛАСОВАНО: Главный инженер лесничества _____ 20__ г.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА разработки 21 квартала Быстрищенского лесничества

УТВЕРЖДАЮ: Главный лесничий _____ 20__ г.

1. Характеристика блоков выделов

№ Участка (выдела)	Площадь, га	Состав насаждений	Возраст, лет	Объем хлыста, куб.м	Запас леса на 1га, куб.м	Запас на участке (выделе), куб.м.	Способ рубок	Интенсивность рубки по запасу, %	Количество подростов	Количество подроста для пересадки	Минимальное количество подроста, которое необходимо высадить на участке
15	0,3	4С1Е5Б	30	0,08	90	27	Прореживание	20	360	200	0
16	0,25	10С+Б	45	0,16	260	65	Проходная	15	300	200	0
22	1,1	10С	50	0,18	230	253	Проходная	15	0	0	600
25	1,1	5ЕЗС2Б	105	0,45	200	220	Сплошная	100	1000	800	300

1. Схема разработки квартала

2. Технологические указания
 Лесосечные работы: Валка деревьев – бензопилой МП-5 “Урал-2”; Очистка деревьев от сучьев – бензопилой “Тайга-214”; Трелевка – трактором с канатно-чокерным оборудованием ТДТ-55; Способ трелевки – за вершину, в хлыстах; Погрузка – целостным погрузчиком ПЛЛ-1; Вывозка древесины хлыстами, лесовозными автомобилями Урал-4320 или ЛТ-25; Очистка лесосеки - сбор и укладка порубочных остатков на волоки вручную.
 Лесовосстановительные работы: Пересадка подроста - агрегат для пересадки подроста (АВПП).
 Пересадка подроста осуществляется с зон повышенного риска его уничтожения (до выполнения основных операций лесосечных работ) на участки, нуждающиеся в подросте хозяйственно ценных пород (после завершения основных операций лесосечных работ).

Рациональные объемы пересадки подроста, шт				
С участка №				
На участок №	15	16	22	25
15				
16				
22				800
25	200	200		

3. Количественные показатели
 Количество рабочих: вальщик - 1, обрубщик сучьев - 1, тракторист - 1 и чокерщик - 1; оператор АВПП -1; Количество машин и механизмов: трактор ТДТ-55 - 1; бензопила Хускварна - 1; бензопила “Тайга-214” - 1, АВПП - 1.
 Суточное задание на лесосечных работах – 37м³;
 Суточное задание на пересадке подроста – 98 шт

Карту составили:
 Технорук _____
 Лесничий _____

С технологической картой ознакомлены, дополнительный инструктаж по ТБ при проведении рубок прослушали:
 бригадир: _____; члены бригады: _____

Рис. 4. Окно результатов работы программы к созданию рациональной технологической карты поквартального освоения участков лесного фонда

линиями). При выборе вариантов пользователь чертит на карте средствами *MapInfo* технологические коридоры и магистральные волокна. Программа автоматически определяет среднее расстояние трелевки (перемещения подроста) по территории выдела и корректирует начальную точку транспортного пути, помещая ее в центр тяжести фигуры, ограничивающей анализируемый выдел, погрузочный пункт или место временного хранения подроста. Использование подобной возможности дает пользователю наиболее быстрый вариант расчета, так как пользователь на основе собственного опыта и интуиции может заранее отсеять нерациональные, по его мнению, варианты и сократить количество возможных комбинаций уже на первоначальном этапе ввода данных. В то же время указываемые пользователем транспортные пути могут иметь криволинейную форму, а следовательно, данный вариант позволяет максимально учесть наличие на местности искусственных и естественных препятствий, не дающих возможности осуществлять переместительные операции по кратчайшему расстоянию между конечными пунктами.

Многообразие вариантов прокладки транспортных путей не предполагает их обязательного использования при транспортировке. Окончательное решение о целесообразности использования наиболее эффективной комбинации транспортных путей должно быть принято в результате последующих расчетов.

Отмеченные на карте выделы могут быть разбиты пользователем средствами *MapInfo* на небольшие участки различной формы, например, в случае их значительных размеров или же вытянутой формы, позволяющей принять решение о целесообразности либо

– осуществления трелевки древесины или транспортировки подроста в различных направлениях соответственно расположенным на разных участках погрузочным пунктам и местам посадки подроста;

– разделения лесосеки на делянки с необходимостью прокладки различных магистральных волокон и трелевки лесоматериалов к различным погрузочным пунктам.

Решение транспортных задач при анализе объемов транспортных операций между

выделами и погрузочными пунктами с определением рациональных объемов размещения на них лесоматериалов и анализе объемов транспортных операций между выделами с избыточным и недостаточным количеством подроста и (или) местами его временного хранения является следующим этапом работы программы. Причем, решение транспортной задачи при перемещении подроста хозяйственно ценных пород требует нетрадиционного подхода к ее решению, так как предусматривает транспортировку подроста как на территорию лесного участка (места временного хранения подроста), так и с вышеописанной территории на уже освоенные участки. То есть каждый из участков может быть как поставщиком, так и потребителем продукции в виде подроста хозяйственно ценных пород на разных этапах его освоения (в отличие от традиционного варианта постановки транспортной задачи, где каждая из анализируемых точек может быть либо только поставщиком, либо лишь потребителем продукции)

Программа выбора вариантов транспортно технологического освоения квартала осуществляет перебор всех вариантов транспортировки древесины и подроста по всем заданным пользователем возможным направлениям, рассчитав наилучшие объемы переместительных операций по каждому из них, и выдает наилучший вариант размещения транспортных путей и технологических коридоров с указанием объемов и очередности проведения операций технологического процесса.

Результатом функционирования программы является составление технологической карты освоения квартала с нанесением на нее природно-производственных характеристик всех анализируемых лесосек, общей технологической схемы освоения квартала, количественных показателей, включающих суточное задание бригаде при освоении каждой из лесосек на его территории, технологические указания, включающие порядок ведения работ в квартале и освоения каждой лесосеки (рис. 4).

Работа выполнена в рамках научно-исследовательской деятельности ФГБОУ ВПО «Марийский государственный технический университет» по заданию Министерства образования и науки РФ в 2012 г. № 7.1846.2011.

по теме «Разработка основных технико-технологических подходов к внедрению и реализации промышленной технологии освоения лесных участков на базе комплексного решения задач технологического процесса лесосечно-лесовосстановительных работ с совмещенным лесовосстановлением».

Библиографический список

1. Ширнин, Ю.А. Технология и оборудование лесопромышленных производств. Ч. 1. Лесосечные работы : учеб. пособие / Ю.А. Ширнин. – М.: МГУЛ, 2004. – 446 с.
2. Типовой проект организации труда при поквартально-блочной концентрации лесохозяйственных работ [Принят Министерством лесного хозяйства РСФСР. (Центр по научной организации труда и управления производством) от 25.12.1987] – М.: КБМ Центра НОТ и УП Минлесхоза РСФСР, 1978. – 65 с.
3. Атрохин, В.Г. Рубки ухода и промежуточное лесопользование / В.Г. Атрохин, И.К. Иевинь. – М.: Агропромиздат, 1985. – 255 с.
4. Гаджиев, Г.М. Обоснование параметров устройства для выкопки посадочного материала с прикорневой глыбкой: дисс. ... канд. техн. наук: 05.2 1.0 1. / Г.М. Гаджиев. – Йошкар-Ола, 1999. – 161 с.
5. Гончаров, А.В. Методические аспекты экспериментальных исследований пересадки подроста предварительного возобновления в Щелковском УОЛХ. Проблемы лесопромышленного производства/А.В.Гончаров, И.Ю.Володина, В.А.Макуев // Науч. тр. МГУЛ. – Вып. 276. – 1996. – С. 8–16.
6. Лазарев, А.В. Обоснование технологии и комплекта машин для пересадки подроста: дисс. ... канд. техн. наук: 05.21.01. / А.В. Лазарев – Йошкар-Ола, 1999.– 138 с.
7. Меньшиков, В.Н. Обоснование технологии заготовки леса при комплексном освоении лесных массивов: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.21.01. / В.Н. Меньшиков – Л, 1989. – 522 с.
8. Турлай, И.В. Оптимальное расположение погрузочных пунктов при разработке лесосек нетрадиционной формы / И.В. Турлай, А.С. Федоренчик и др. // Лесной журнал, 1989. – № 3. – С. 40–43.
9. Большаков, Б.М. Обоснование размещения трелевочных волоков с учетом их работоспособности на переувлажненных грунтах: дисс. ... канд. техн. наук 05.21.01. / Б.А. Большаков. – Л.: ЛТА. им. С.М. Кирова, 1988. – 224 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ СИСТЕМ МАШИН ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ ТРЕЛЕВКЕ ДРЕВЕСИНЫ

Ю.А. ШИРНИН, *проф. каф. технологии и оборудования лесопромышленного производства Поволжского ГТУ, д-р техн. наук,*

А.Ю. ШИРНИН, *доц. каф. безопасности жизнедеятельности Поволжского ГТУ, канд. техн. наук*

alex-1567@yandex.ru

Функционирование современной инновационной системы эффективного устойчивого лесопользования на основе адаптивно-модульных технических средств должно осуществляться с учетом существующих нормативных документов. Так, в соответствии с положением об аренде участков лесного фонда в РФ предлагается их комплексное освоение по заготовке и переработке древесины и проведению лесовосстановительных мероприятий [6, 7, 10]. Реалии настоящего положения дел в лесопользовании отмечают преимущества малых лесопромышленных предприятий. Организация их деятельности характеризуется тем, что вместе с лесозаготовками согласно договору аренды осуществляются лесовосстановительные мероприятия. Лесовосстановительные работы носят

кратковременный, сезонный характер. Оборудование для производства этих работ большую часть времени года простаивает. Лесосечные работы, в соответствии с погодными условиями, могут продолжаться большую часть года. Исходя из этого может быть несколько вариантов организации работ, подбора и использования лесосечно-лесовосстановительного оборудования.

Наиболее предпочтительным представляется вариант, при котором мастерский участок или бригада имеют в своем составе энергетические модули, к которым можно прицепить (или навесить) модули с технологическим оборудованием, обеспечивающим заготовку древесины и лесовосстановительные работы. Рабочие должны владеть смежными специальностями, обеспечивая весь

комплекс лесных работ. Имея набор сменяемых за короткое время технологических модулей, можно выполнять весь комплекс работ малого предприятия. Простая технологических модулей (технологического навесного оборудования) не избежать, но его цена будет минимальна при условии полной загрузки энергетических модулей. Такой подход технического оснащения позволит значительно снизить капиталоемкость и энергозатраты на проведение работ.

Цель работы – создание методики расчета и анализ энергозатрат на лесосечные работы с использованием адаптивно-модульных систем машин.

Технологическая схема заготовки древесины с использованием адаптивно-модульных машин. Схема представлена на рис. 1 [9]. Лесосека 1 разбивается на делянки с границей 2. В данном случае под делянкой понимается часть лесосеки, тяготеющая к одному

магистральному волоку. По середине делянки разрубается магистральный волок 3. Делянку, в свою очередь, разбивают на пасеки 4. Валку деревьев проводят машинами или бензодвигательными пилами 5 в направлении от магистрального волока. Далее поваленные деревья 6 при помощи технологического модуля с лебедкой (ТМл) 7 подтрелевывают к магистральному волоку в пачку 9, где при помощи бензодвигательных пил или сучкорезно-раскряжевых модулей производят обрезку сучьев 8 и укладку их в штабель и раскряжевку хлыстов 10 на сортименты 11. Трелевку полученных сортиментов производят машиной с технологическим модулем с грузовым отсеком (ТМго) 12 на верхний склад 13.

Работа по схеме (рис. 1) технологического модуля с лебедкой осуществляется в следующем порядке [4, 5, 8]. После подтрелевки всех деревьев с пасеки и установки технологического оборудования в транспортное по-

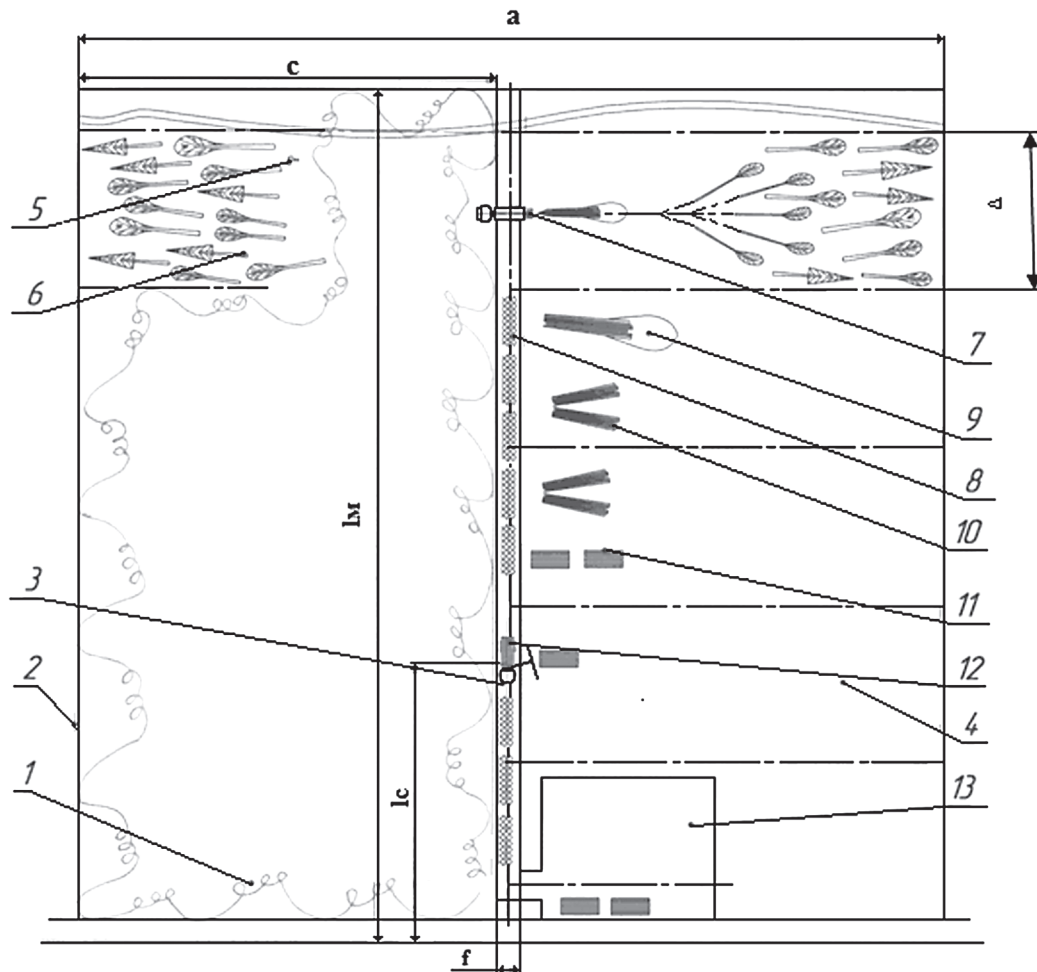


Рис. 1. Технологическая схема разработки лесосеки

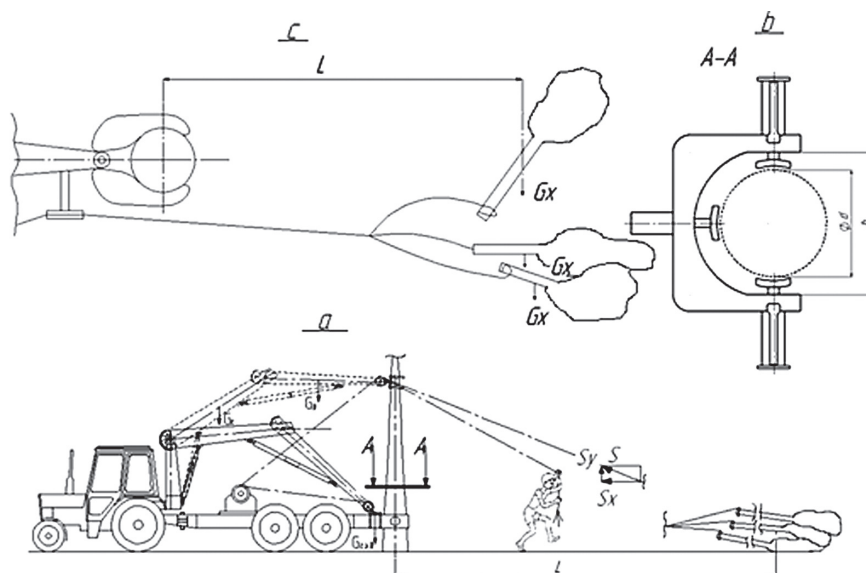


Рис. 2. Схема работы машины с технологическим модулем с лебедкой: *a* – установка опорного блока, *b* – зажим дерева лапами фиксирующего устройства технологического модуля, *c* – схема растаскивания каната манипулятора на дереве-мачте

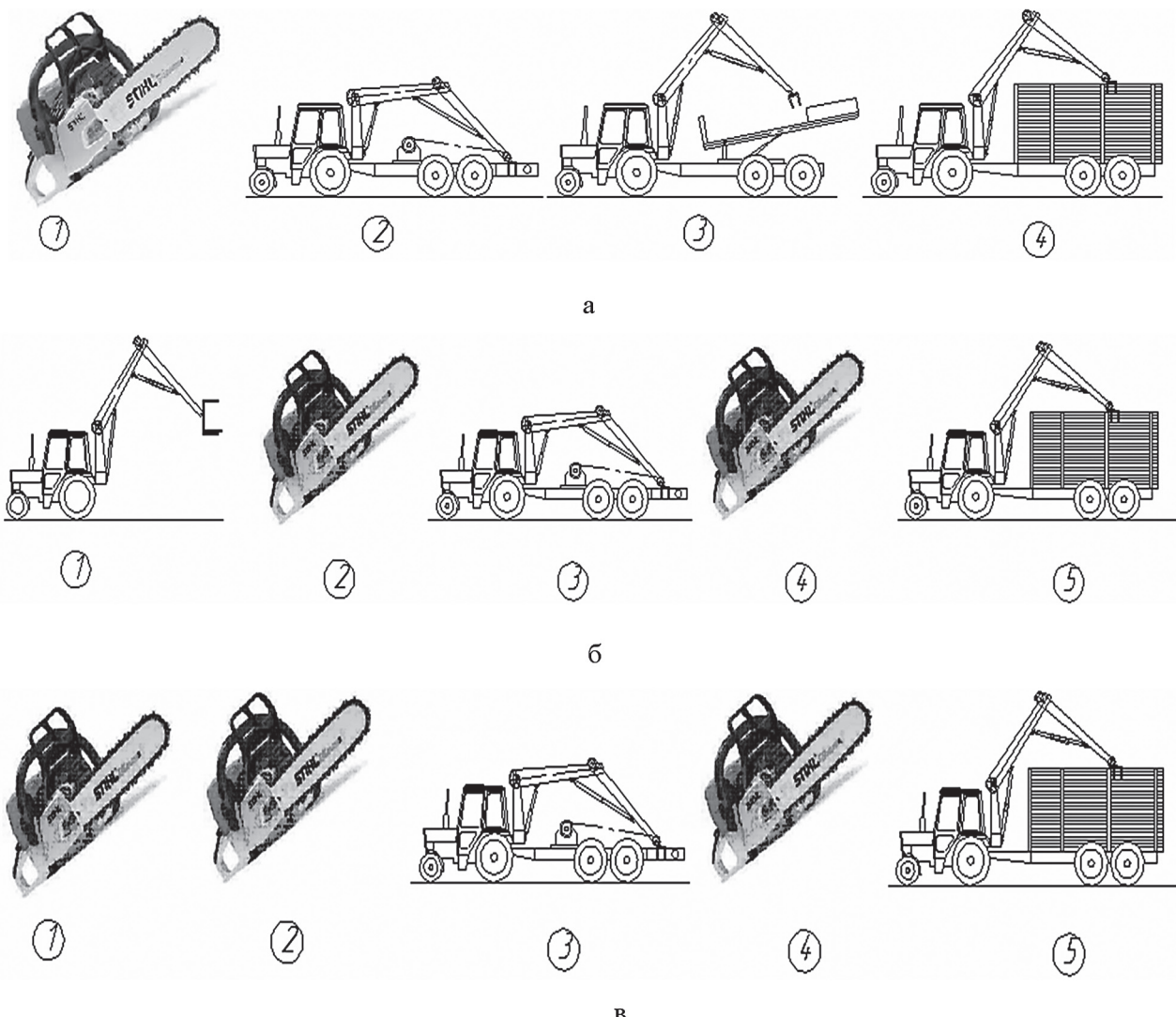


Рис. 3. Системы машин: *a* – № 1, *б* – № 2, *в* – № 3

ложение ТМл переходит к следующей пасеке. Маневрируя, ТМл подъезжает к очередному дереву-мачте, охватывает и зажимает ее лапами фиксирующего устройства (рис. 2). С помощью манипулятора и грейферного захвата устанавливает опорный блок с канатом на необходимую высоту. При расторможенной лебедке канат опускается на землю под собственным весом. Далее чокеровщик осуществляет растаскивание каната к поваленным деревьям, осуществляя их чокеровку. После этого включается лебедка. Деревья собираются в пачку, которая подтрелевывается к магистральному волоку для последующей обрезки сучьев и раскряжевки. Цикл растаскивания каната для чокеровки и подтрелевки повторяется до тех пор, пока не будут подтрелены все деревья на пасеке. Далее технологическое оборудование приводится в транспортное положение; разжимается и устанавливается на раму грейферный захват, раскрываются захваты технологического модуля, ТМго перемещается в следующую пасеку, где цикл работ повторяется.

Для реализации этой технологической схемы рассматривается три варианта систем машин (рис. 3).

В системе машин № 2 (рис. 3, б) в отличие от системы № 1 вместо ТМср включаются две бензопилы: 2 – бензопила для обрезки сучьев; 4 – бензопила для раскряжевки хлыстов, а валку и пакетирование деревьев производит валочно-пакетирующая машина (ВПМ), ЭМзсу 1 – энергетический модуль с манипулятором, оборудованным захватно-срезающим устройством (ЗСУ).

Система машин № 1 (рис. 3, а) включает в себя: 1 – бензопилу для валки деревьев; 2 – ТМл – машина с модулем, оборудованным лебедкой для подтрелевки деревьев; 3 – ТМср – машина с модулем, оборудованным сучко-резно-раскряжевым столом; 4 – ТМго – машина с модулем, в виде грузового отсека для трелевки сортиментов. При данной компоновке энергетический модуль включает манипулятор, на который может крепиться опорный блок.

Система машин № 3 (рис. 3, в), в отличие от системы машин № 2, использует бензопилу на валке деревьев – (поз. 1).

Математическое моделирование. Энергозатраты на выполнение операций технологического процесса являются одним из показателей, используя который можно дать объективную оценку как вновь создаваемым машинам, так и существующим и проанализировать влияние природно-производственных условий на конечный результат [1, 2, 3]. При этом исключается влияние таких субъективных факторов, как квалификация оператора, техническое состояние машины, качество эксплуатационных материалов и т.п. Энергозатраты целесообразно представлять в удельных единицах измерения. Под удельной энергоемкостью здесь понимается расход энергии на 1 м³ заготовленной древесины (кВт ч/м³).

Моделирование энергозатрат системы машин № 1.

Удельные затраты энергии (УЗЭ) на валку деревьев бензопилой

$$\mathcal{E}_B = \mathcal{E}_{д.в.б} + \mathcal{E}_{с.д} = \frac{(G_B + G_6) \cdot l_{нд} \cdot \psi_{ч}}{3600 \cdot V} + \frac{k_p \cdot b_6 \cdot d^2 \cdot \rho}{3600 \cdot V \cdot \eta_{м.п.б}}, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_{д.в.б}$ – УЗЭ на движения моториста с бензопилой, кВт*ч/м³;

$\mathcal{E}_{с.д}$ – удельные затраты энергии на отделение дерева от пня, кВт*ч/м³;

G_B – сила тяжести вальщика, кН;

G_6 – сила тяжести бензопилы, кН;

V – средний объем хлыста, м³;

$l_{нд} = 100 \cdot \sqrt{V/q}$ – расстояние перехода моториста с бензопилой между деревьями (где q – запас леса на 1 га, м³/га) м;

$\psi_{ч}$ – коэффициент, учитывающий увеличение расхода энергии моториста на сталкивание дерева с пня, уборку низко растущих сучьев и т.д.;

k_p – удельная работа резания при пилениях, кДж/м³;

b_6 – ширина пропила, м;

$\eta_{м.п.б}$ – КПД передачи энергии от двигателя к механизму пиления;

d – диаметр дерева в плоскости срезания, м;

ρ – коэффициент, учитывающий увеличение площади срезания за счет подпила.

УЗЭ при подтрелевке древесины ТМл будут равны сумме затрат энергий: $\mathcal{E}_{п.м}$ – УЗЭ на перехода машины между пасеками; $\mathcal{E}_{у.м}$ – УЗЭ на установку машины у дерева-

мачты (рис. 2); Эз – УЗЭ на захват дерева лапами фиксирующего устройства; Эу.б. – УЗЭ на установку опорного блока; Эр.к – УЗЭ на растаскивание каната; Эч – УЗЭ на чоkerовку стволов; Эт – УЗЭ на формирование и трелевку пачки; Эс + Эфу – УЗЭ на приведение в транспортное положение стрелы (Эс) и фиксирующего устройства (Эфу).

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{п.м} &= \frac{(G_{э.м} + G_{тмл}) \cdot W_{м} \cdot \psi_{м} \cdot \Delta \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_{м} \cdot \Delta \cdot c \cdot q} = \\ &= \frac{(G_{э.м} + G_{тмл}) \cdot W_{м} \cdot \psi_{м} \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_{м} \cdot c \cdot q}, \end{aligned}$$

где $G_{э.м}$ – сила тяжести энергетического модуля, кН;
 $G_{тмл}$ – сила тяжести технологического модуля с лебедкой, кН;
 Δ – ширина пачки (расстояние перехода), м;
 c – длина пачки, м;
 q – запас леса на один га, м³/га;
 $W_{м}$ – коэффициент сопротивления движению машины;
 $\psi_{м}$ – коэффициент, учитывающий увеличение расхода энергии за счет непроизводительных движений машины;
 $\eta_{м}$ – КПД передачи энергии от двигателя к ходовой части машины.

$$\mathcal{E}_{у.м} = \frac{(G_{э.м} + G_{тмл}) \cdot \psi_{м} \cdot r \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_{м} \cdot \Delta \cdot c \cdot q},$$

где r – суммарная длина маневров при установке машины у дерева-мачты, м.

$$\mathcal{E}_3 = \frac{G_{фy} \cdot \psi_{фy} \cdot 10^4 \cdot (b - d_o)}{3600 \cdot \eta_{фy} \cdot \Delta \cdot c \cdot q \cdot 2},$$

где $G_{фy}$ – сила тяжести фиксирующего устройства, кН;
 d_o – средний диаметр дерева в точке обхвата, м;
 b – расстояние между лапами фиксирующего устройства, м;
 $\psi_{фy}$ – коэффициент, учитывающий увеличение расхода энергии на захват дерева-мачты фиксирующим устройством за счет непроизводительных движений;
 $\eta_{фy}$ – КПД передачи энергии от двигателя к фиксирующему устройству.

$$\mathcal{E}_{у.б.} = \frac{(G_c \cdot l_{х.п.с} \cdot \beta_c + G_p \cdot l_{х.п.р} \cdot \beta_p + G_e \cdot l_{х.п.к} \cdot \beta_e) \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_{з3} \cdot \Delta \cdot c \cdot q},$$

где G_c, G_p, G_e – силы тяжести соответственно стрелы и рукояти манипулятора, кН;
 G_r – сила тяжести грейферного захвата, кН;

$\beta_c, \beta_p, \beta_r$ – коэффициенты, учитывающие увеличение расхода энергии за счет трения в шарнирах соответственно стрелы, рукояти и грейферного захвата манипулятора;

$l_{х.п.с}, l_{х.п.р}, l_{х.п.к}$ – ход поршня гидроцилиндра соответственно стрелы, рукояти и привода клещевин, м $\eta_{з3}$ – КПД передачи энергии от двигателя к грейферному захвату.

$$\mathcal{E}_{р.к} = \frac{(G_{раб} \cdot \psi_p + q_k \cdot c / 2 + G_q) \cdot c \cdot \beta}{3600 \cdot 2 \cdot M_n},$$

где $G_{раб}$ – сила тяжести растаскивающего канат рабочего, кН;

q_k – сила тяжести 1-го погонного метра каната, кН/м;

G_q – сила тяжести чоkerов, кН;

β – коэффициент учитывающий силу трения между канатом и барабаном лебедки и канатом и блоком;

M_n – объем трелюемой пачки, м³;

ψ_p – коэффициент, учитывающий возрастание рабочего ($\psi_p = 2$) Здесь берется среднее расстояние трелевки – $c/2$.

$$\mathcal{E}_ч = \frac{(G_q + G_{раб}) \cdot \frac{M_n}{V} \cdot \psi_{чок} \cdot 100 \cdot \sqrt{\frac{V}{q}}}{3600 \cdot M_n},$$

где $\psi_{чок}$ – коэффициент, учитывающий увеличение расхода энергии на непроизводительные движения.

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_т &= \frac{[G_n \cdot k + G_n \cdot W_{ц} \cdot (1-k) + T \cdot W_{ц}] \cdot c \cdot \psi_{чок} \cdot \beta}{3600 \cdot 2 \cdot M_n \cdot \eta_{л}} = \\ &= \frac{[\gamma \cdot M_n \cdot k + \gamma \cdot M_n \cdot W_{ц} \cdot (1-k) + T \cdot W_{ц}] \cdot c \cdot \psi_{чок} \cdot \beta}{3600 \cdot 2 \cdot M_n \cdot \eta_{л}}, \end{aligned}$$

где k – коэффициент распределения веса пачки между чокерами и волоком (учитывается при подъеме переднего конца пачки);

$\eta_{л}$ – КПД передачи энергии от двигателя к лебедке;

$W_{ц}$ – коэффициент сопротивления вращению блока в цапфах;

T – равнодействующая сил натяжения набегающей и сбегающей ветвей каната опорного блока, кН;

$G_{\Pi} = \gamma \cdot M_{\Pi}$ – сила тяжести трелемной пачки деревьев, кН, (γ – объемный вес древесины, кН/м³). Здесь берется среднее расстояние трелевки – $c/2$.

$$\begin{aligned} \text{Эс} + \text{Эфу} = & \frac{(G_c \cdot l_{x.n.c} \cdot \beta_c + G_p \cdot l_{x.n.p} \cdot \beta_p + G_z \cdot l_{x.n.k} \cdot \beta_z) \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_m \cdot \Delta \cdot c \cdot q} + \\ & + \frac{G_{fy} \cdot \psi_{fy} \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_{fy} \cdot \Delta \cdot c \cdot q} \cdot \frac{(b-d_o)}{2}, \end{aligned}$$

Общая сумма УЗЭ при трелевки ТМл в расчете на 1м³ подтрелеванной древесины составит

$$\begin{aligned} \text{Э}_{\text{общ}} = & \text{Э}_{\text{п.м}} + \text{Э}_{\text{у.м}} + \text{Э}_3 + \text{Э}_{3.д} + \text{Э}_{\text{р.к}} + \\ & + \text{Э}_4 + \text{Э}_7 + \text{Э}_c + \text{Э}_{\text{фу}} = \\ & = \frac{(G_u + G_{\text{раб}}) \cdot M_n \cdot \psi_{\text{чок}} \cdot 100 \cdot \sqrt{V}}{3600 \cdot M_n \cdot \sqrt{q}} + \\ & + \frac{(G_{\text{э.м}} + G_{\text{м.л}}) \cdot \psi_m \cdot r \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_m \cdot \Delta \cdot c \cdot q} + \\ & + \frac{G_{fy} \cdot \psi_{fy} \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_{fy} \cdot \Delta \cdot c \cdot q} \cdot \frac{(b-d_o)}{2} + \\ & + \frac{(G_{\text{раб}} \cdot \psi_p + q_k \cdot c/2 + G_u) \cdot c \cdot \beta}{3600 \cdot 2 \cdot M_n} + \\ & + \frac{(G_c \cdot l_{x.n.c} \cdot \beta_c + G_p \cdot l_{x.n.p} \cdot \beta_p + G_z \cdot l_{x.n.k} \cdot \beta_z) \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_{23} \cdot \Delta \cdot c \cdot q} + \\ & + \frac{[\gamma \cdot M_{\Pi} \cdot k + \gamma \cdot M_{\Pi} \cdot W_y \cdot (1-k) + T \cdot W_y] \cdot c \cdot \psi_{\text{чок}} \cdot \beta}{3600 \cdot 2 \cdot M_n \cdot \eta_l} + \\ & + \frac{(G_{\text{э.м}} + G_{\text{м.л}}) \cdot W_m \cdot \psi_m \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_m \cdot c \cdot q} + \\ & + \frac{(G_c \cdot l_{x.n.c} \cdot \beta_c + G_p \cdot l_{x.n.p} \cdot \beta_p + G_z \cdot l_{x.n.k} \cdot \beta_z) \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_m \cdot \Delta \cdot c \cdot q} + \\ & + \frac{G_{fy} \cdot \psi_{fy} \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_{fy} \cdot \Delta \cdot c \cdot q} \cdot \frac{(b-d_o)}{2}. \quad (2) \end{aligned}$$

УЗЭ ТМср складываются из: Эп.п – УЗЭ на перемещение между пасаками; Эз.п.у – УЗЭ на захват, подъем и укладку дерева манипулятором на сучкорезно-раскряжевочный стол (СРС); Эо.с.р. – УЗЭ на обрезку сучьев и раскряжевку хлыстов.

$$\text{Э}_{\text{п.п}} = \frac{(G_{\text{э.м}} + G_{\text{тмср}}) \cdot W_m \cdot \psi_m \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_m \cdot c \cdot q},$$

где $G_{\text{тмср}}$ – сила тяжести технологического модуля с СРС, кН.

$$\text{Э}_{\text{з.п.у}} = \frac{[G_{\text{ман}} \cdot b_1 + (V \cdot \gamma \cdot (1-k) \cdot W_n + V \cdot \gamma \cdot k) \cdot b_2] \cdot \psi_{\text{ман}}}{3600 \cdot \eta_{\text{ман}} \cdot V},$$

где $G_{\text{ман}}$ – сила тяжести манипулятора, кН;

b_1 – среднее расстояние перемещения центра тяжести манипулятора при доставке дерева из штабеля на СРС, м;

b_2 – среднее расстояние от штабеля деревьев до СРС, м;

$\psi_{\text{ман}}$ – коэффициент, учитывающий увеличение расхода энергии за счет непроизводительных движений манипулятора;

$\eta_{\text{ман}}$ – КПД передачи энергии от двигателя к манипулятору;

W_n – коэффициент сопротивления движению при подачи дерева на СРС.

$$\begin{aligned} \text{Э}_{\text{о.с.р}} = & \frac{(3150 \cdot d_c^2 \cdot a \cdot a_8 + N \cdot f + V \cdot \gamma \cdot \omega_1 + N \cdot \omega_2 \cdot n_3) \cdot l}{3600 \cdot \eta_{\text{м.н}} \cdot V} + \\ & + \frac{k_p \cdot b_4 \cdot d_n^2 \cdot (l_x - l_a)}{3600 \cdot V \cdot \eta_{\text{м.н}} \cdot l_c}, \end{aligned}$$

где $P_{\text{ср}}$ – среднее усилие, затрачиваемое на срезание сучка, кН ($P_{\text{ср}} = 3150 \cdot d_c^2 \cdot a \cdot a_8$,

где d_c – средний диаметр сучка, м; a_{Π} – коэффициент, учитывающий породу дерева; a_8 – поправочный коэффициент, учитывающий угол резания);

$\eta_{\text{п.м}}$ – КПД передачи от двигателя к протаскивающему механизму;

N – усилие прижима ножей и вальцов к стволу дерева, кН;

f – коэффициент трения ножей о ствол дерева ($f = 0,15 \dots 0,2$);

ω_1 – коэффициенты сопротивления движению ствола;

ω_2 – коэффициент сопротивления движению ствола по вальцам;

n_3 – число падающих вальцов;

b_4 – ширина пропила, м;

d_{Π} – средний диаметр пропила при раскряжке хлыстов, м;

$\eta_{\text{м.п}}$ – КПД передачи энергии от двигателя к механизму пиления;

l_x – длина хлыста, м;

l_b – длина вершинки, м;

l_c – средняя длина сортимента, м.

Общая сумма УЗЭ при работе ТМср:

Эобщ. = Эп.п + Эз.п.уд + Эо.с.р =

$$= \frac{[G_{ман} \cdot b_1 + (V \cdot \gamma \cdot (1-k) \cdot W_n + V \cdot \gamma \cdot k) \cdot b_2] \cdot \psi_{ман}}{3600 \cdot \eta_{ман} \cdot V} +$$

$$+ \frac{(3150 \cdot d_c^2 \cdot a_n \cdot a_6 + N \cdot f + V \cdot \gamma \cdot \omega_1 + N \cdot \omega_2 \cdot n_3) l_x}{3600 \cdot \eta_{м.н} \cdot V} +$$

$$+ \frac{k_p \cdot b_4 \cdot d_n^2 (l_x - l_6)}{3600 \cdot V \cdot \eta_{м.н} \cdot l_c} +$$

$$+ \frac{(G_{э.м} + G_{тмср}) \cdot W_m \cdot \psi_m \cdot 10^4}{3600 \cdot \eta_m \cdot c \cdot q}. \quad (3)$$

УЗЭ при трелевке сортиментов ТМго складывается из Эд.с – УЗЭ на движение машины от погрузочного пункта к пачкам сортиментов; Эп.с – УЗЭ на погрузку сортиментов в грузовой отсек; Эд.г – УЗЭ движение в грузовом направлении; Эв.с – УЗЭ на выгрузку сортиментов на погрузочном пункте.

$$\mathcal{E}_{д.с} = \frac{(G_{э.м} + G_{тмго}) \cdot W_m \cdot l_m \cdot \psi_{мс}}{2 \cdot 3600 \cdot \eta_m \cdot M_c},$$

где $G_{тмго}$ – сила тяжести технологического модуля с грузовым отсеком, кН;

M_c – объем пачки сортиментов, м³;

$l_{тс} = l_m/2$ – среднее расстояние трелевки сортиментов, м;

l_m – длина магистрального волока, м;

$\psi_{мс}$ – коэффициенты, учитывающие непроизводительные движения ТМго, в том числе на смену модулей.

Эп.с складывается из УЗЭ на движение манипулятора при погрузке (Эд.м) и на укладку сортиментов (Эу.с).

$$\mathcal{E}_{п.с} = \mathcal{E}_{у.с} + \mathcal{E}_{д.м} =$$

$$= \frac{G_{пс}}{3600 \cdot M_c} \left(\frac{h_n \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{r_n \cdot \lambda_k \cdot \mu_1 \cdot \psi_{н.м}}{\eta_{н.г}} \right) + \frac{m_2}{3600 \cdot M_c} \times$$

$$\times \left(\frac{2 \cdot G_{сп} \cdot r_c \cdot \lambda_c \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{2 \cdot G_{н.м} \cdot r_{н.ч} \cdot \lambda_k \cdot \mu_1 \cdot \psi_{н.м}}{\eta_{н.г}} \right) =$$

$$= \frac{\gamma}{3600} \left(\frac{h_n \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{r_n \cdot \lambda_k \cdot \mu_1 \cdot \psi_{н.м}}{\eta_{н.г}} \right) + \frac{1}{3600 \cdot Q_c} \times$$

$$\times \left(\frac{2 \cdot G_{сп} \cdot r_c \cdot \lambda_c \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{2 \cdot G_{н.м} \cdot r_{н.ч} \cdot \lambda_k \cdot \mu_1 \cdot \psi_{н.м}}{\eta_{н.г}} \right),$$

где $G_{пс} = M_c \cdot \gamma$ – сила тяжести пачки сортиментов, кН;

$G_{сп}$ – сила тяжести стрелы с рукоятью, кН;

$G_{п.м}$ – сила тяжести поворотной части манипулятора, кН;

$\psi_{п.м}$ – коэффициенты, учитывающие увеличение расхода энергии за счет непроизводительных движений поворотной части манипулятора;

ψ_c – коэффициенты, учитывающие увеличение расхода энергии за счет непроизводительных движений стрелы с рукоятью;

h_n – средняя высота опускания сортиментов при их укладке в штабель из грузового отсека, м;

r_n – расстояние от вертикальной оси поворота колонны манипулятора до центра штабеля, м;

$r_{п.ч}$ – расстояние от вертикальной оси поворота колонны до центра тяжести поворотной части манипулятора, м;

r_c – расстояние по горизонтали от оси поворота стрелы до центра ее тяжести, м;

λ_k, λ_c – угол поворота колонны с манипулятором в горизонтальной плоскости и стрелы с рукоятью в вертикальной плоскости, рад;

μ_1 – коэффициент трения колонны манипулятора о поворотный круг;

$m_2 = M_c/Q_c$ – число циклов погрузки (выгрузки) одной пачки;

Q_c – объем сортиментов, погружаемых (выгружаемых) манипулятором за один прием, м³;

η_c – КПД передачи энергии от двигателя к механизму поворота колонны;

$\eta_{п.в}$ – КПД передачи энергии от двигателя к механизму управления манипулятором.

$$\mathcal{E}_{д.г} = \frac{G_{пс} \cdot l_c \cdot \psi_m \cdot W_m + (G_{э.м} + G_{тмго}) \cdot W_m \cdot l_c \cdot \psi_m}{3600 \cdot \eta_m \cdot M_c} =$$

$$= \frac{\gamma \cdot l_c \cdot \psi_m \cdot W_m + (G_{э.м} + G_{тмго}) \cdot W_m \cdot l_c \cdot \psi_m}{3600 \cdot \eta_m \cdot M_c}.$$

$$\mathcal{E}_{в.с} = \frac{\gamma}{3600} \left(\frac{h_n \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{r_n \cdot \lambda_k \cdot \mu_1 \cdot \psi_{н.м}}{\eta_{н.г}} \right) + \frac{1}{3600 \cdot Q_c} \times$$

$$\times \left(\frac{2 \cdot G_{сп} \cdot r_c \cdot \lambda_c \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{2 \cdot G_{н.м} \cdot r_{н.ч} \cdot \lambda_k \cdot \mu_1 \cdot \psi_{н.м}}{\eta_{н.г}} \right).$$

$$Q_c = F_m \varphi_m / \gamma,$$

где F_m – грузоподъемность манипулятора, кН;

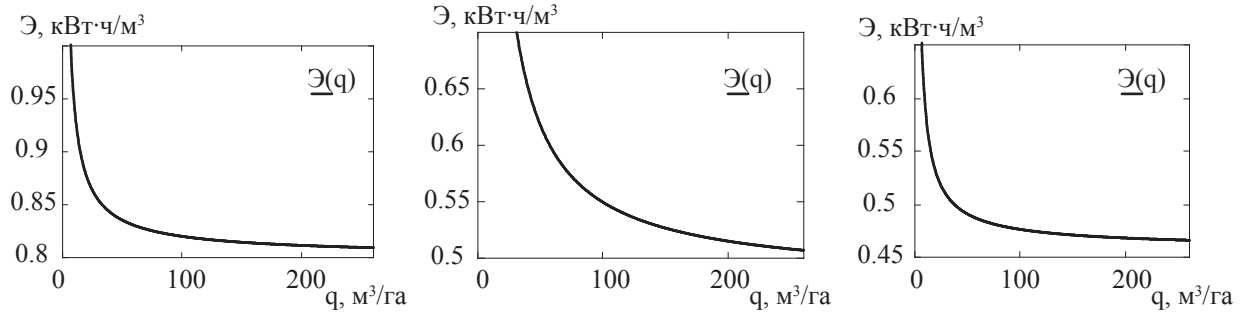


Рис. 4. Зависимость удельных энергозатрат от запаса леса на 1 га для систем машин: а – № 1, б – № 2, в – № 3

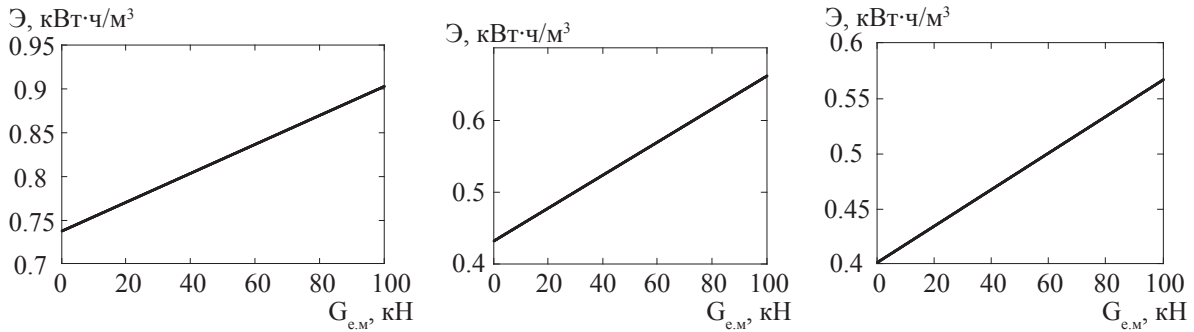


Рис. 5. Зависимость удельных энергозатрат от силы тяжести энергетического модуля для систем машин: а – № 1, б – № 2, в – № 3

φ_m – коэффициент использования грузоподъемности манипулятора.

Общая сумма УЗЭ при работе ТМго:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{общ.}} &= \mathcal{E}_{\text{д.с}} + \mathcal{E}_{\text{п.с}} + \mathcal{E}_{\text{д.г}} + \mathcal{E}_{\text{в.с}} = \\ &= \frac{(G_{\text{э.м}} + G_{\text{ТМГО}}) \cdot W_m \cdot l_m \cdot \psi_{\text{мс}}}{2 \cdot 3600 \cdot \eta_m \cdot M_c} + \\ &+ \frac{\gamma \cdot l_c \cdot \psi_m \cdot W_m}{3600 \cdot \eta_m} + \frac{(G_{\text{э.м}} + G_{\text{ТМГО}}) \cdot W_m \cdot l_c \cdot \psi_m}{3600 \cdot \eta_m \cdot M_c} + \\ &+ \frac{\gamma}{3600} \left(\frac{h_n \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{r_n \cdot \lambda_k \cdot \mu_1 \cdot \psi_{\text{н.м}}}{\eta_{\text{н.б}}} \right) + \frac{1}{3600 \cdot Q_c} \times \\ &\times \left(\frac{2 \cdot G_{\text{ср}} \cdot r_c \cdot \lambda_c \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{2 \cdot G_{\text{н.м}} \cdot r_{\text{н.ч}} \cdot \lambda_k \cdot \mu_1 \cdot \psi_{\text{н.м}}}{\eta_{\text{н.б}}} \right) + \\ &+ \frac{\gamma}{3600} \left(\frac{h_n \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{r_n \cdot \lambda_k \cdot \mu_1 \cdot \psi_{\text{н.м}}}{\eta_{\text{н.б}}} \right) + \frac{1}{3600 \cdot Q_c} \times \\ &\times \left(\frac{2 \cdot G_{\text{ср}} \cdot r_c \cdot \lambda_c \cdot \psi_c}{\eta_c} + \frac{2 \cdot G_{\text{н.м}} \cdot r_{\text{н.ч}} \cdot \lambda_k \cdot \mu_1 \cdot \psi_{\text{н.м}}}{\eta_{\text{н.б}}} \right). \quad (4) \end{aligned}$$

Общая сумма УЗЭ системой машин № 1

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{общ.}} &= \mathcal{E}_{\text{в}} + \mathcal{E}_{\text{п.м}} + \mathcal{E}_{\text{у.м}} + \mathcal{E}_{\text{з}} + \mathcal{E}_{\text{з.д}} + \mathcal{E}_{\text{р.к}} + \\ &+ \mathcal{E}_{\text{ч}} + \mathcal{E}_{\text{т}} + \mathcal{E}_{\text{с}} + \mathcal{E}_{\text{ф.у}} + \mathcal{E}_{\text{п.п}} + \mathcal{E}_{\text{з.п.уд}} + \mathcal{E}_{\text{о.с.р}} + \\ &+ \mathcal{E}_{\text{д.с}} + \mathcal{E}_{\text{п.с}} + \mathcal{E}_{\text{д.г}} + \mathcal{E}_{\text{р.с}}. \quad (5) \end{aligned}$$

Моделирование энергозатрат системы машин № 2

УЗЭ ЭМзсу с навесным ЗСУ будет равен сумме затрат энергий: Эп.л – УЗЭ на движе-

ние ВПМ между лентами в одной пасеке; Эп.п – УЗЭ на движение ВПМ из одной пасеки в другую; Эр.п – УЗЭ на движение ВПМ с одной рабочей позиции на другую; Эд.з.с.у – УЗЭ на доставку ЗСУ к дереву с поворотом колонны, захват, срезание и укладка дерева в пачку.

$$\mathcal{E}_{\text{п.л}} = \frac{(G_{\text{э.м}} + G_{\text{зсу}}) \cdot W_m \cdot \psi_m \cdot c_l}{3600 \cdot \eta_m \cdot Q_l} = \frac{10^4 \cdot (G_{\text{э.м}} + G_{\text{зсу}}) \cdot W_m \cdot \psi_m}{3600 \cdot \eta_m \cdot q \cdot \Delta},$$

где Q_l – объем древесины, заготавливаемой на одной ленте, м³ ($Q_l = q \cdot c_l \cdot \Delta / 10^4$);

c_l – расстояние перехода ВПМ между лентами, м ($c_l \approx 2R$, где R – вылет манипулятора, м).

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{п.п}} &= \frac{(G_{\text{э.м}} + G_{\text{зсу}}) \cdot W_m \cdot \psi_m \cdot \Delta}{3600 \cdot \eta_m \cdot Q_n} = \\ &= \frac{10^4 \cdot (G_{\text{э.м}} + G_{\text{зсу}}) \cdot W_m \cdot \psi_m}{3600 \cdot \eta_m \cdot q \cdot c} \end{aligned}$$

где Q_n – объем древесины, заготавливаемой на одной пасеке, м³ ($Q_n = q \cdot c \cdot \Delta / 10^4$).

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{р.п}} &= \frac{(G_{\text{э.м}} + G_{\text{зсу}}) \cdot W_m \cdot \psi_m \cdot a}{3600 \cdot \eta_m \cdot Q_{\text{р.п}}} = \\ &= \frac{10^4 \cdot (G_{\text{э.м}} + G_{\text{зсу}}) \cdot W_m \cdot \psi_m}{3600 \cdot \eta_m \cdot q \cdot c_l}, \end{aligned}$$

где $Q_{\text{р.п}}$ – объем древесины, заготавливаемой на одной рабочей позиции, м³

($Q_{p.п} = q \cdot c \cdot a / 10^4$, a – расстояние между рабочими позициями, м).

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{д.з.с.у} = & \left(\frac{2 \cdot (G_{cp} + G_{зсу}) \cdot r_c \cdot \lambda_c \cdot \psi_c}{3600 \cdot V \cdot \eta_c} + \right. \\ & \left. + \frac{2 \cdot (G_{cp} + G_{зсу}) \cdot r_{п.ч} \cdot \lambda_k \cdot \mu_1 \cdot \psi_{п.м}}{3600 \cdot V \cdot \eta_{п.б}} \right) + \\ & + \frac{2 \cdot G_{пз} \cdot l_{зс} \cdot \beta_{зсу}}{3600 \cdot \eta_{зсу} \cdot V} + \frac{k_p \cdot b_4 \cdot d^2}{3600 \cdot V \cdot \eta_{м.п.}} + \frac{V \cdot \gamma \cdot R_c \cdot \psi_{ман}}{3600 \cdot \eta_{п.б} \cdot V}, \end{aligned}$$

где $G_{зсу}$ – сила тяжести ЗСУ, кН;
 $G_{пз}$ – сила тяжести рычагов захвата, кН;
 $\beta_{зсу}$ – коэффициент, учитывающий увеличение расхода энергии за счет трения в шарнирах ЗСУ;
 $l_{зс}$ – ход поршня гидроцилиндра ЗСУ при захвате ствола, м;
 $\eta_{зсу}$ – КПД передачи энергии от двигателя к ЗСУ;
 R_c – средний вылет стрелы манипулятора при укладке дерева в пачку, м.

Общая сумма УЗЭ при работе ЗСУ

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{общ.} = & \mathcal{E}_{п.л} + \mathcal{E}_{п.п} + \mathcal{E}_{р.п} + \mathcal{E}_{д.з.с.у} = \\ = & \frac{10^4 \cdot (G_{э.м} + G_{зсу}) \cdot W_m \cdot \psi_m}{3600 \cdot \eta_m \cdot q \cdot \Delta} + \frac{2 \cdot G_{пз} \cdot l_{зс} \cdot \beta_{зсу}}{3600 \cdot \eta_{зсу} \cdot V} + \\ & + \frac{10^4 \cdot (G_{э.м} + G_{зсу}) \cdot W_m \cdot \psi_m}{3600 \cdot \eta_m \cdot q} + \\ & + \left(\frac{2 \cdot (G_{cp} + G_{зсу}) \cdot r_c \cdot \lambda_c \cdot \psi_c}{3600 \cdot V \cdot \eta_c} + \right. \\ & \left. + \frac{2 \cdot (G_{cp} + G_{зсу}) \cdot r_{п.ч} \cdot \lambda_k \cdot \mu_1 \cdot \psi_{п.м}}{3600 \cdot V \cdot \eta_{п.б}} \right) + \\ & + \frac{10^4 \cdot (G_{э.м} + G_{зсу}) \cdot W_m \cdot \psi_m}{3600 \cdot \eta_m \cdot q} + \\ & + \frac{2 \cdot G_{пз} \cdot l_{зс} \cdot \beta_{зсу}}{3600 \cdot \eta_{зсу} \cdot V} + \frac{k_p \cdot b_4 \cdot d^2}{3600 \cdot V \cdot \eta_{м.п.}} + \frac{V \cdot \gamma \cdot R_c \cdot \psi_{ман}}{3600 \cdot \eta_{п.б} \cdot V}. \end{aligned} \quad (6)$$

УЗЭ на обрезку сучьев бензопилой

$$\mathcal{E}_{о.б} = \frac{(G_6 + G_6) \cdot l_x \cdot \psi_ч}{3600 \cdot V} + \frac{k_p \cdot b_6 \cdot F}{3600 \cdot V \cdot \eta_{м.п.б}}. \quad (7)$$

где F – суммарная площадь поперечного сечения сучьев одного дерева при их срезании, м².

УЗЭ при трелевке ТМл определяются по формуле (2).

УЗЭ на раскряжевку бензопилой

$$\mathcal{E}_{р.б} = \frac{(G_6 + G_6) \cdot l_x \cdot \psi_ч}{3600 \cdot V} + \frac{k_p \cdot b_6}{3600 \cdot V \cdot \eta_{м.п.н}} \cdot \frac{\pi \cdot d_n^2 \cdot (l_x - l_6)}{4 \cdot l_c}. \quad (8)$$

УЗЭ при трелевке ТМго определяются по формуле (4).

Общая сумма УЗЭ системой машин

№ 2:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{общ.} = & \mathcal{E}_{п.л} + \mathcal{E}_{п.п} + \mathcal{E}_{р.п} + \mathcal{E}_{д.з.с.у} + \mathcal{E}_{о.б} + \\ & + \mathcal{E}_{п.м} + \mathcal{E}_{у.м} + \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_{з.д} + \mathcal{E}_{р.к} + \mathcal{E}_ч + \mathcal{E}_г + \\ & + \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_{ф\psi} + \mathcal{E}_{р.б}. \end{aligned}$$

Моделирование энергозатрат системой машин № 3

УЗЭ определяются по формулам: ВБ – (1); ОБ – (7) ТМл – (2). РБ – (8). ТМго – (4).

Общая сумма УЗЭ системой машин

№ 3 составит:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{общ.} = & \mathcal{E}_в + \mathcal{E}_{о.б} + \mathcal{E}_{п.м} + \mathcal{E}_{у.м} + \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_{з.д} + \\ & + \mathcal{E}_{р.к} + \mathcal{E}_ч + \mathcal{E}_г + \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_{ф\psi} + \mathcal{E}_{р.б} + \mathcal{E}_{р.б} + \\ & + \mathcal{E}_{д.с} + \mathcal{E}_{п.с} + \mathcal{E}_{д.г} + \mathcal{E}_{в.с}. \end{aligned}$$

Ниже приведены расчеты и графики при следующих значениях:

$G_6 = 0,13$ кН; $G_в = 0,8$ кН; $V = 0,25$ м³;
 $q = 140$ м³/га; $d = 0,25$ м; $\psi_ч = 1,1$; $k_p = 0,032$ кДж/м³; $b_6 = 0,012$ м; $\eta_{м.п.б} = 0,9$; $\rho = 1,1$;
 $G_{э.м} = 42,7$ кН; $G_{т.м} = 17,3$ кН; $\Delta = 50$ м; $c = 100$ м;
 $W_m = 0,2$; $\psi_m = 1,3$; $\eta_m = 0,75$; $r = 10$ м; $G_{ф\psi} = 0,1$ кН;
 $d_o = 0,2$ м; $b = 0,3$ м; $\psi_{ф\psi} = 1,05$; $\eta_{ф\psi} = 0,7$;
 $G_c = 6$ кН; $G_p = 6$ кН; $G_r = 1,3$ кН; $\beta_c = 1,05$;
 $\beta_p = 1,05$; $\beta_r = 1,05$; $l_{х.п.с} = 0,7$ м; $l_{х.п.р} = 0,7$ м;
 $l_{х.п.к} = 0,15$ м; $G_{раб} = 0,8$ кН; $q_k = 0,012$ кН/м;
 $G_ч = 0,018$ кН; $\beta = 1,05$; $M_{п} = 3,5$ м³; $\psi_p = 2$;
 $\psi_{чок} = 1,05$; $k = 0,6$; $\eta = 0,7$; $W_{п} = 1,05$; $T = 0,2$ кН;
 $\gamma = 8,4$ кН/м³; $G_{ман} = 16$ кН; $b_1 = 3$ м; $b_2 = 3,5$ м;
 $\psi_{ман} = 1,05$; $\eta_{ман} = 0,7$; $d_c = 0,04$ м; $a_{п} = 1,3$;
 $a_6 = 1,2$; $\eta_{п.м} = 0,75$; $N = 0,3$ кН; $f = 0,15$; $\omega_1 = 0,75$;
 $\omega_2 = 0,8$; $n_3 = 2$; $b_4 = 0,018$ м; $d_{п} = 0,135$ м;
 $\eta_{м.п} = 0,7$; $l_x = 18$ м; $l_b = 2$ м; $l_c = 5$ м; $M_c = 8$ м³;
 $l_m = 300$ м; $\psi_{мс} = 1,05$; $G_{п} = 67,2$ кН; $G_{cp} = 12$ кН;
 $G_{п.м} = 4$ кН; $\psi_{п.м} = 1,05$; $\psi_c = 1,05$; $h_{п} = 2,7$ м;
 $r_{п} = 3$ м; $r_{п.ч} = 1,5$ м; $r_c = 4$ м; $\lambda_k = 1,4$ рад; $\lambda_c = 0,7$ рад;
 $\mu_1 = 1,1$; $\eta_c = 0,75$; $\eta_{п.в} = 0,7$; $F_m = 20$ кН;
 $\phi_m = 0,5$; $R = 8$ м; $a = 6$ м; $G_{зсу} = 20$ кН;
 $G_{пз} = 0,4$ кН; $\beta_{зсу} = 1,05$; $l_{зс} = 0,25$ м; $\eta_{зсу} = 0,75$;
 $R_c = 6,5$ м; $W_{п} = 1,05$; $F = 0,055$ м²;
 $G_{тмго} = 10$ кН; $G_{тмр} = 12$ кН; $G_{тмл} = 9$ кН.

Выводы

1. Использование модульных машин при комбинированной трелевке древесины дает возможность значительно ограничить

перемещение машин по лесной площади, сохраняя, таким образом, ее среду.

2. Приведенные модели позволяют в широком диапазоне варьирования факторов условий лесозаготовок и машин вычислить и сравнить энергозатраты при заготовке древесины разными системами. Это позволит на стадии проектирования оптимизировать геометрические, весовые и энергетические параметры модульных лесных машин.

3. На рис. 4 видно, что наименьшие УЗЭ расходуются системой машин № 1, а запас леса 1 га существенно влияет на УЗЭ при его значениях до 100 м³/га (рис. 4).

4. На рис. 5 видно, что на УЗЭ значительное влияние оказывает сила тяжести энергетического модуля.

Библиографический список

1. Коломинова, М.В. Расчет удельных энергозатрат технологических процессов заготовки сортиментов при лесосечных работах / М.В. Коломинова // Сб. науч. трудов. Материалы научно-технической конференции УГТУ. – 2011. – Ч. 2. – С. 215–220.
2. Кочегаров, В.Г. Технология и машины лесосечных работ: учебник / В.Г. Кочегаров, Ю.А. Бит, В.Н. Меньшиков. – М.: Лесная пром-сть, 1990. – 392 с.
3. Кочегаров, В.Г. Исследование некоторых параметров трелевочных машин / В.Г. Кочегаров, Ю.А. Ширнин // ИВУЗ. Лесн. журн. – 1981. – № 4 – С. 47–52.
4. Обоснование технологических параметров лесосек и режимов работы лесозаготовительных машин: учебное пособие / Ю.А. Ширнин, К.П. Рукомойников, Н.И. Роженцова, и др.; под. ред. проф. Ю.А. Ширнина. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. – 172 с.
5. Патент № 2357407 РФ, МКИ⁷ А01G23/00. Способ и машина для трелевки / Ширнин Ю.А., Ширнин А. Ю., Богатырева Е.А., Аказова О.В.; заявитель и патентообладатель МарГТУ. – 2007 122910/12; заявл. 18.06.2007; опубл. 10.06.2009, Бюл. № 8. – 5 с.
6. Процессы комплексного освоения участков лесного фонда при малообъемных лесозаготовках: Научное издание / Ю.А. Ширнин, К.П. Рукомойников, Е.М. Онучин; Под. ред. Ю.А. Ширнина. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – 196 с.
7. Ширнин, Ю.А. Комплексное освоение участков лесного фонда / Ю.А. Ширнин // ИВУЗ. Лесн. журн. – 2002. – № 4 – С. 89–95.
8. Ширнин, Ю.А. Методика обоснования режимов работы технологических модулей при комбинированной трелевке древесины / Ю.А. Ширнин, А.Ю. Ширнин // Вестник МарГТУ. Лес. Экология. Природопользование. – 2008. – № 2 – С. 51–59.
9. Ширнин, Ю.А. Моделирование энергозатрат при комбинированной трелевке древесины адаптивно-модульными машинами / Ю.А. Ширнин, А.Ю. Ширнин, А.Ю. Моржанов, И.В. Зверев // Вестник МарГТУ. Лес. Экология. Природопользование. – 2011. – № 3 – С. 50–57.
10. Ширнин, Ю.А. Технология и оборудование малообъемных лесозаготовок и лесовосстановление / Ю.А. Ширнин, Ф.В. Пошарников. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 398 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ ХОДОВОЙ СИСТЕМЫ МНОГООПЕРАЦИОННОЙ ЛЕСОСЕЧНОЙ МАШИНЫ

Е.Е. КЛУБНИЧКИН, доц. каф. колесных и гусеничных машин МГУЛ, канд. техн. наук,
В.А. МАКУЕВ, проф. каф. колесных и гусеничных машин МГУЛ, д-р техн. наук,
В.Е. КЛУБНИЧКИН, нач. Управления инновационного развития МГУЛ, канд. техн. наук

klubnichkin@mgul.ac.ru, vklubnichkin@mgul.ac.ru, makuev@mgul.ac.ru

Лесозаготовительные машины на базе трелевочного трактора ТТ-4М имеют в передней части рессорную подвеску, наличие которой при выполнении операций на основных лесосечных работах вызывает упругие колебания подрессоренной части (остова) машины. Характер этих колебаний определяет динамическую нагруженность

деталей ходовой системы. Определение динамических нагрузок на стадии проектирования важно, поскольку это позволяет путем выбора оптимальной массы машины, рациональной компоновки технологического оборудования, скоростного режима работы элементов технологического оборудования и машины в целом избежать перегрузок

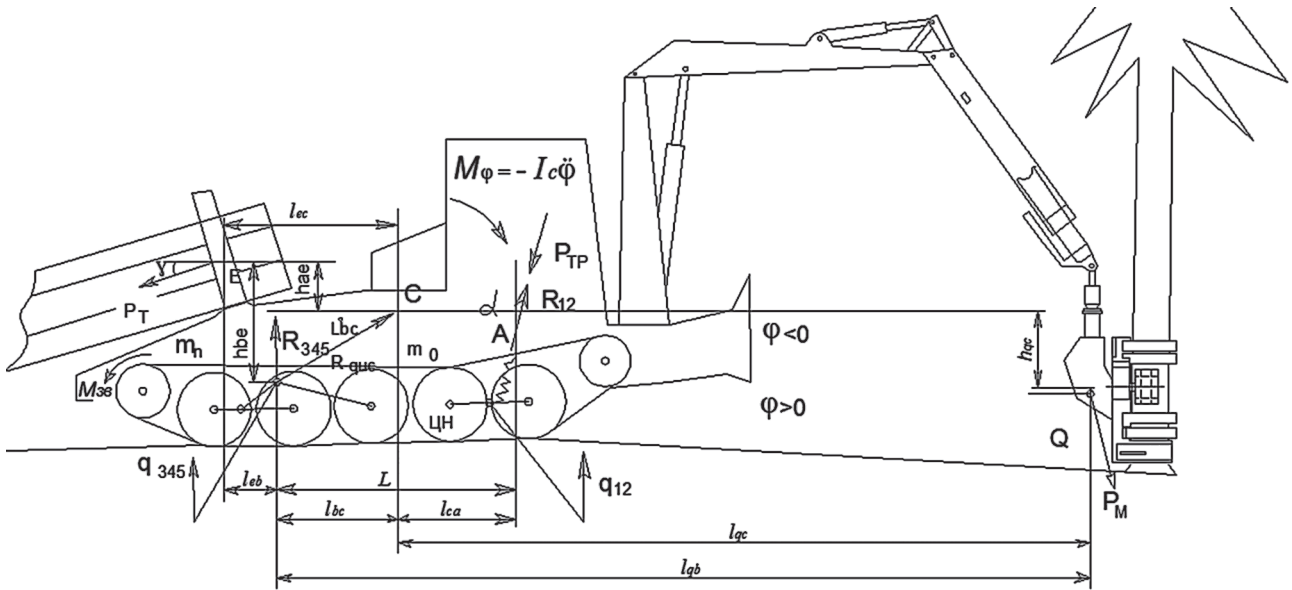


Рисунок. Схема действия сил и реакций на валочно-сучкорезно-раскряжевно-трелевочную машину ЛЗ-4

и тем самым увеличить долговечность машины.

Для составления дифференциального уравнения колебаний остова многооперационной лесосечной машины примем допущения:

- упругие элементы подвески имеют линейную характеристику;
- система имеет затухание, пропорциональное скорости колебаний остова машины;
- при движении машины и работе технологическим оборудованием не происходит отрыва катков от беговой дорожки гусеницы;
- податливость грунта равна нулю;
- микропрофиль под левой и правой гусеницами одинаков;
- подвеска симметрична относительно продольной оси машины;
- элементы технологического оборудования (стрела, рукоять) абсолютно жесткие;
- нагрузка от пакета деревьев принимается без учета их гибкости;
- массой неподрессоренных частей пренебрегаем.

С учетом принятых допущений на машину будут действовать следующие силы и их реакции (рисунок):

- m_0 – приведенная масса остова [кг]; m_{II} – масса пакета деревьев, приходящаяся на коник машины [кг];
- P_M – усилие, развиваемое манипулятором при выполнении операций с деревом [Н];
- P_m – тяговое сопротивление пакета деревьев [Н];
- $F_{ин}$ – сила инерции остова [Н];
- $P_{тр}$ – сила трения в подвеске, приведенная к передней каретке [Н];
- $M_φ$ – инерционный момент остова относительно поперечной оси, проходящей через центр масс [Н·м];
- R_{12}, R_{345} – реакции передних и задних кареток соответственно [Н];
- $M_{зв}$ – реактивный момент от ведущей звездочки [Н·м].

Применив к расчетной схеме принцип Даламбера, напишем уравнение динамического равновесия системы

$$M\phi + \sum M p_i + \sum M p_{Tri} = 0, \quad (1)$$

где $M\phi = -I_c \ddot{\phi}$;

I_c – момент инерции остова относительно поперечной оси, проходящей через центр масс [м];

ϕ – угол поворота остова, при этом принимаем за положительное направление угла движение по часовой стрелке;

Mp_i – момент сил P_i на плече l_i (от точки приложения сил до центра масс остова) [Н·м];

Mp_{Tpi} – момент сил трения P_{Tpi} на плече [Н·м];

Подставляя в уравнение (1) действующие силы и их реакции и принимая угол φ достаточно малым, чтобы им пренебречь (10°), получим для расчетной схемы следующее выражение

$$Ic\ddot{\varphi} = R_{12}L - P_{TP}L + P_M l_{qb} \cos Q + P_T l_{eb} \sin \gamma - m_0 l_{bc} + m_{II} l_{eb} - F_{IH} l_{bc} - P_M h_{qb} \sin Q + P_T h_{be} \cos \gamma + M_{TB}. \quad (2)$$

Из условия динамического равновесия можно определить реакцию задней каретки

$$R_{345} = P_M \cos Q + P_T \sin \gamma + m_0 + m_{II} + F_{IH} + P_{TP} - R_{12}. \quad (3)$$

Реакцию передней каретки можно выразить через возмущение, поступающее при проезде неровностей, и жесткость рессор.

$$R_{12} = 4c[(q_{345} - q_{12}) - \varphi L + f_{CT}], \quad (4)$$

где q_{12} и q_{345} – возмущение под передней и задней каретками соответственно; c – жесткость пружины рессоры;

f_{CT} – статическая осадка рессор.

Сила инерции определяется выражением

$$F_{IH} = (m_0 + m_{II})/g \times a, \quad (5)$$

где g – ускорение силы тяжести;

a – ускорение перемещения остова.

Выразив ускорение перемещения остова через возмущение от неровностей и угол φ , получим

$$F_{IH} = (m_0 + m_{II})/g \times (\ddot{q}_{345} + l_{cb} \ddot{\varphi}). \quad (6)$$

Сила трения в подвеске определяется в предположении, что сопротивление пропорционально скорости вертикального перемещения остова [1].

$$P_{TP} = -kp_i v = kp_i \dot{\varphi} L, \quad (7)$$

где $kp_i v$ – суммарный коэффициент сопротивления, приведенный к передней каретке;

v – скорость вертикального перемещения остова;

$$L = l_{bc} + l_{ca}.$$

Подставив значения (4), (6) и (7) в выражение (3), проведя соответствующие

преобразования и разрешив его относительно φ , получим дифференциальное уравнение колебания остова относительно шарнира B .

$$\ddot{\varphi} + k_p L^2 / I_B \times \dot{\varphi} + 4cL^2 / I_B \times \varphi = -(m_0 + m_{II}) / I_{Bg} \times \dot{q}_{345} + 4cL / I_B (q_{345} - q_{12}) + P_M / I_B \times l_{qh} \cos Q - P_M / I_B \times h_{qb} \sin Q + P_T / I_B \times l_{cb} \sin \gamma - P_T / I_B \times l_{bc} \cos \gamma + M_{3a} / I_B. \quad (8)$$

В уравнении (8) в правой части первые два члена выражают кинематическое возмущение от кареток при движении машины по неровностям, третий и четвертый члены – возмущение при работе технологическим оборудованием (манипулятором), остальные от тягового сопротивления пакета деревьев и реактивного момента ведущей звездочки.

Решением уравнения (8) будет значение угла φ в момент времени t . Зная $\varphi(t)$, можно определить реакцию передней каретки по выражению (4), а задней по выражению (3), подставив соответствующие значения и P_{mp} .

$$R_{12} = 4c[(q_{345(t)} - q_{12(t)}) - \varphi(t)L + f_{CT}], \quad (9)$$

$$R_{345} = (m_0 + m_{II}) [1 + 1/g(\ddot{q}_{345(t)} + \ddot{\varphi}(t)l_{cb}) + k_p L \dot{\varphi}(t) + P_{M(t)} \cos Q + P_{T(t)} \sin \gamma - R_{12(t)}]. \quad (10)$$

При работе технологическим оборудованием в выражениях (9) и (10) возмущение от неровностей будет отсутствовать, т.е.

$$q_{12} = q_{345} = 0.$$

Выведенное дифференциальное уравнение упругих колебаний остова многооперационной лесосечной машины позволяет определить нагруженность кареток ходовой части при работе технологическим оборудованием и при движении машины по неровностям.

Библиографический список

1. Попов, Д.А. Системы подрессоривания современных тракторов / Д.А. Попов и др. – М.: Машиностроение, 1974. – С. 127.
2. Клубничкин, Е.Е. Повышение долговечности ходовой системы гусеничной лесозаготовительной машины: дисс. ... канд. техн. наук / Е.Е. Клубничкин. – М.: МГУЛ, 2008.
3. Клубничкин, Е.Е. Ходовые системы гусеничных лесозаготовительных машин / Е.Е. Клубничкин и др. – М.: МГУЛ, 2010. – С. 110.

СПОСОБ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ГИДРОЦИЛИНДРОВ ЛЕСНЫХ МАШИН В ФУНКЦИОНАЛЬНОМ РЕЖИМЕ

А.И. ПАВЛОВ, *проф. каф. транспортно-технологических машин МарГТУ, д-р техн. наук*
П.Ю. ЛОЩЕНОВ, *асп. каф. транспортно-технологических машин МарГТУ*

pavlov@marstu.net, loschenov.pavel@yandex.ru

Гидроприводы лесных машин являются сложными динамическими системами, подверженными воздействию широкого спектра динамических нагрузок переменного характера и работающими в условиях изменяющихся внешних воздействий, обусловленных разнообразными факторами. При эксплуатации эти нагрузки приводят элементы гидропривода к неисправностям, поэтому для предвидения технического состояния гидропривода и его элементов необходимо применять диагностирование.

При изготовлении и эксплуатации гидравлических приводов машин проверяется их исправность, работоспособность и правильность функционирования.

Проверка исправности гидравлических приводов производится при их изготовлении и последующих испытаниях, а также при капитальных ремонтах.

Проверка работоспособности гидропривода и его отдельных функциональных участков обычно осуществляется при периодическом техническом обслуживании машин.

Оценка правильности функционирования гидравлических приводов машин, как правило, производится оператором в процессе выполнения производственного задания, а также техническим персоналом, выполняющим техническое обслуживание машины. Таким образом, проверка правильности функционирования по сравнению с проверкой работоспособности позволяет убедиться только в том, что гидравлический привод правильно функционирует в данном режиме работы в данный момент времени [2].

Но ни один из перечисленных способов и методов проверки работоспособности и исправности гидропривода и его элементов не может определить их текущее техническое состояние и остаточный ресурс, поэтому

разработка способов диагностирования гидроцилиндров, пригодных для практического использования, представляет значительный интерес.

Цель работы – определение возможности диагностирования гидроцилиндров в функциональном режиме.

Для решения поставленной цели были проведены экспериментальные исследования и разработана методика диагностирования гидроцилиндров в функциональном режиме. Исследования проводились на машине Урал 4230 с манипулятором ОМТЛ-70-02, имеющим наработку 2500 моточасов. До начала испытаний проводилось ТО-3 гидропривода. Сорт и вязкость масла в гидроприводе соответствовали требованиям инструкции.

Для замера параметров колебаний давления жидкости использовался тензометрический датчик давления типа ТДД-200, который устанавливался перед поршневой полостью гидроцилиндра в специально изготовленный разъемный штуцер, а запорный клапан, осуществляющий перекрытие жидкости, был установлен сразу перед тензометрическим датчиком давления (рис. 1).

Перед установкой датчик ТДД-200 был испытан и проведена его тарировка в лабораторных условиях согласно рекомендациям [1].

Тензометрическая аппаратура (усилитель сигналов 8УНЧ-7А и осциллограф Н-117), с помощью которой осуществлялась регистрация процессов, показана на рис. 2.

Перед началом исследований бывший в эксплуатации гидроцилиндр стрелы был заменен на новый. После замены гидроцилиндра осуществлялся подъем с последующим отпуском стрелы манипулятора при максимальном вылете с нагрузкой, в качестве нагрузки использовался хлыст (сосна) объемом 0,5 м³ (рис. 4).



Рис. 1 Установка тензометрического датчика давления ТДД-200 и запорного клапана в гидроприводе гидроманипулятора ОМТЛ-70-02



Рис. 2. Тензометрическая аппаратура

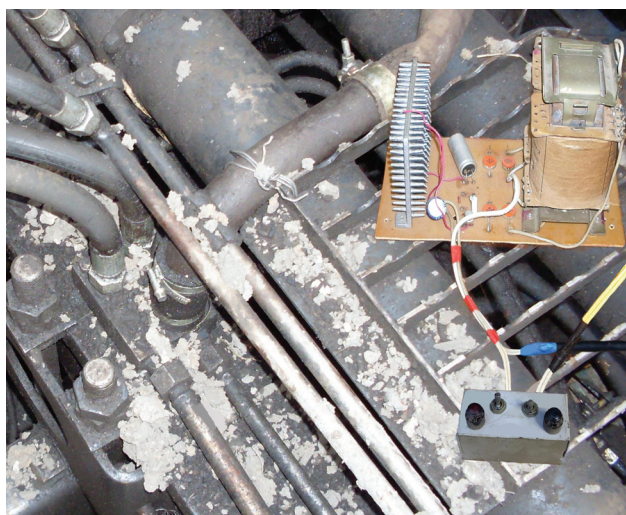


Рис. 3. Блок питания и пульт управления запорным клапаном



Рис. 4. Отпускание стрелы манипулятора при максимальном вылете с нагрузкой

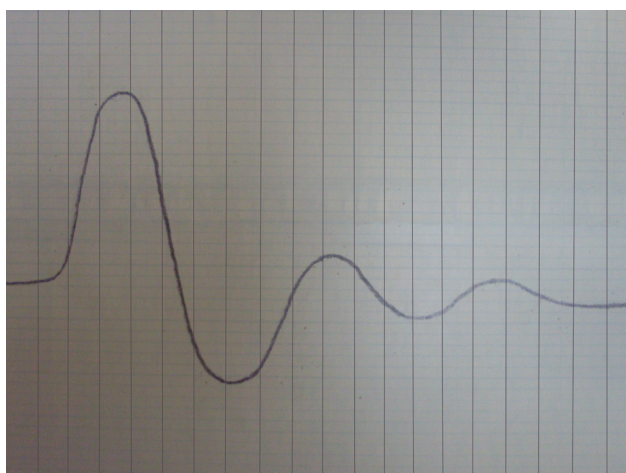


Рис. 5. Осциллограмма колебаний давления жидкости, происходящих в новом гидроцилиндре

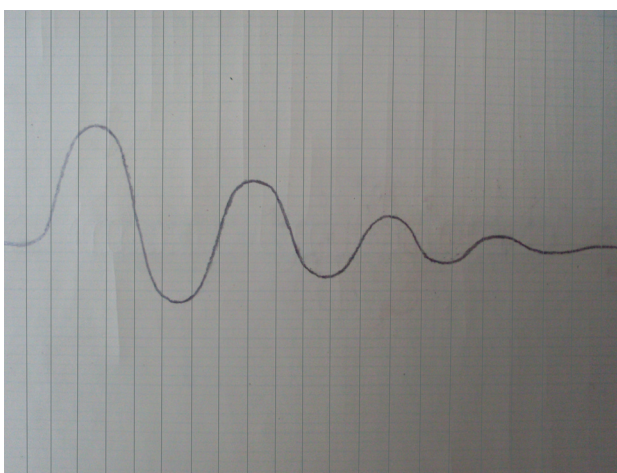


Рис. 6. Осциллограмма колебаний давления жидкости, происходящих в гидроцилиндре, имеющем предельное состояние

В дальнейшем при диагностировании гидроцилиндра вплоть до выхода его из работоспособного состояния использовался тот же самый хлыст.

В момент отпущения стрелы с помощью запорного клапана, установленного на выходе из поршневой полости гидроцилиндра стрелы, осуществляется его закрытие. В результате резкого перекрытия в поршневой полости гидроцилиндра стрелы манипулятора возникают колебания давления жидкости, которые определяются с помощью тензометрического датчика давления, установленного между запорным клапаном и гидроцилиндром. Полученные при диагностировании данные с тензометрического датчика давления через усилитель сигналов записываются на осциллограф.

Осциллограмма колебаний давления жидкости, происходящих в новом гидроцилиндре в результате резкого перекрытия поршневой полости при отпущении манипулятора с грузом, показана на рис. 5.

Диагностирование гидроцилиндра проводилось через каждые 250 мото-часов наработки вплоть до выхода его из работоспособного состояния – большие утечки и перетечки масла.

Осциллограмма колебаний давления жидкости, происходящих в гидроцилиндре, имеющим предельное состояние в результате резкого перекрытия поршневой полости при отпущении манипулятора с грузом, показана на рис. 6.

Для определения технического состояния и остаточного ресурса гидроцилиндра используем «метод эталонных зависимостей», основанный на сравнении экспериментально полученных функциональных зависимостей параметров диагностируемого гидропривода (его отдельных агрегатов) с эталонными зависимостями, характеризующими работос-

пособное и неработоспособное состояние гидроприводов и его составных частей, найденных расчетным или экспериментальным путем [2].

Проведенные исследования показывают, что с помощью разработанного способа диагностирования можно с точностью определять техническое состояние и остаточный ресурс гидроцилиндров в функциональном режиме без применения дополнительных гидроагрегатов, сложного и дорогостоящего оборудования.

Выводы

1. Износ элементов гидроцилиндра оказывает значительное влияние на колебательные процессы в гидроцилиндре. При появлении и развитии неисправностей гидроцилиндра (износ поршня, гильзы, манжет и т.д.) происходит увеличение длительности колебательного процесса и уменьшение частоты колебаний.

2. Изменение значений колебаний давления жидкости может характеризовать только общее техническое состояние гидропривода без указания неисправности конкретного элемента, поэтому необходима разработка методов и средств тестового диагностирования его элементов, позволяющих определять техническое состояние конкретного элемента.

3. Сравнение полученного значения колебаний давления жидкости с предельным значением позволяет определить возможность дальнейшей эксплуатации гидроцилиндра.

Библиографический список

1. Гедз, Н.И. Применение тензометрии в лесной промышленности / Н.И. Гедз, Д.М. Тасман. – М.: Лесная пром-сть, 1965. – 108 с.
2. Техническая диагностика гидравлических приводов / Алексеева Т.В., Бабанская В.Д., Башта Т.М. и др.; под ред. Т.М. Башты. – М.: Машиностроение, 1989. – 264 с.

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ ВИБРОУСТОЙЧИВОСТИ МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЛИНЕЙНОГО УСКОРЕНИЯ

А.С. АФАНАСЬЕВ, 22 ЦНИИ Минобороны России, канд. техн. наук,
Е.Г. КОМАРОВ, зав. каф. ИИС и ТП МГУЛ, д-р техн. наук,
В.М. ПОЛУШКИН, 22 ЦНИИ Минобороны России, канд. техн. наук

komarov@mgul.ac.ru

От устойчивости микроэлектромеханических преобразователей линейного ускорения (МПЛУ) к воздействию внешних факторов напрямую зависят технические характеристики образцов специальной техники. Поэтому актуальной является задача контроля устойчивости МПЛУ в условиях воздействия как климатических, так и механических факторов.

Если задача контроля устойчивости МПЛУ в условиях климатических факторов достаточно отработана в промышленности, то контроль их устойчивости (испытание под электрической нагрузкой) в условиях воздействия механических факторов, например вибрации, вызывает у разработчиков МПЛУ трудности, связанные с тем, что МПЛУ воспринимает воздействующее на него ускорение вибрации.

Процесс контроля функциональных характеристик МПЛУ достаточно сложен, особенно в условиях воздействия вибрационных нагрузок, поэтому очень важно эффективно и правильно организовать процесс измерения, первичную обработку измеренных данных, статистическую обработку, последующий расчет и оценку интересующих нас нелинейностей передаточных характеристик [1–3].

Алгоритм контроля статистических параметров и видов законов распределения вероятностей (ЗРВ) нелинейностей МПЛУ, представленный на рисунке, включает весь спектр операций по определению статистических характеристик: от ввода измеренных данных до вывода на печать результатов расчета.

Этап 1 включает процедуру измерения, в результате которой получаем следующие выходные величины:

а) для МПЛУ с аналоговым выходом в соответствии с основным уравнением измерения [1–3]

$$U_{\text{вых}}^* = \Psi(a) + \Delta_{\text{осн}}, \quad (1)$$

где a – входное ускорение;

$\Delta_{\text{осн}}$ – основная погрешность;

$U_{\text{вых}}^*$ – размерность выходного сигнала в вольтах, индекс * означает, что выходной сигнал содержит систематическую составляющую;

б) для МПЛУ с цифровым выходом в соответствии с [4]

$$N_{\text{вых}}^* = \sum_{i=1}^k q_{ip}, \quad (2)$$

где $N_{\text{вых}}^*$ – количество реальных квантов, укладываемых в заданной входной величине ускорения;

q_{ip} – протяженность реального i -го кванта, размерность в г.

Здесь же попутно укажем, что «любое измерение следует рассматривать как определение числа квантов (элементарных отрезков), которое укладывается в измеряемой величине» [5].

Отметим важную особенность этого этапа. Измерение выходной величины при воздействии вибрационных нагрузок производится при каждом контролируемом значении входного ускорения через 10–20 сек после измерения в нормальных условиях. Это дает возможность получать измерения выходного сигнала МПЛУ, зависящие только от воздействия вибрации при достаточно малом влиянии других факторов, например дрейфа нуля.

В итоге на этом этапе выполняется формирование двух массивов нелинейностей: первый – данных, полученных при измерении в нормальных условиях (НУ), второй – при воздействии вибрации (ВВФ).

Этап 2 содержит первичную обработку измеренных данных. В принципе под обработкой данных понимают любые преобразования, направленные на получение численных значений об интересующем нас явлении, в данном случае о выходном параметре [3, 6].

Начинается этап с определения величины систематической составляющей – смещения нуля, обусловленной невозможностью точного совмещения нуля МПЛУ с нулевым отсчетом угломерного устройства.

а) для МПЛУ с аналоговым выходом:

$$\Delta U_{\text{ВЫХ}} = (U_{\text{ВЫХ}90} - U_{\text{ВЫХ}270})/2, \quad (3)$$

б) для МПЛУ с цифровым выходом:

$$\Delta N_{\text{ВЫХ}} = (N_{\text{ВЫХ}90} - N_{\text{ВЫХ}270})/2, \quad (4)$$

Здесь индексы 90 и 270 означают положения оси чувствительности МПЛУ (с точностью оптической делительной головки ОДГ-5Э), перпендикулярные вектору ускорения силы тяжести Земли, в которых в идеале выходной сигнал МПЛУ должен бы быть равен нулю. В действительности этого не происходит, т.к. ось чувствительности не удается расположить в корпусе идеально и угол ее отклонения неизвестен. Но наличие на выходе МПЛУ сигналов в этих положениях дает нам информацию о величине систематической погрешности, которую определяем по формулам 3 и 4.

Затем вычитаем эту систематическую составляющую из всех точек измерения.

а) для МПЛУ с аналоговым выходом

$$U_{\text{ВЫХ}i} = U_{\text{ВЫХ}i}^* - \Delta U_{\text{ВЫХ}}, \quad (5)$$

б) для МПЛУ с цифровым выходом

$$N_{\text{ВЫХ}i} = N_{\text{ВЫХ}i}^* - \Delta N_{\text{ВЫХ}}. \quad (6)$$

После этого производится вычисление номинальной передаточной характеристики (Ном.) на основании данных, полученных по формулам 5 и 6. МПЛУ в идеальном случае имеют линейную передаточную характеристику, которая должна проходить через начало координат.

а) для МПЛУ с аналоговым выходом

$$U_{\text{ВЫХ}} = K_{M \cdot a}, \quad (7)$$

б) для МПЛУ с цифровым выходом

$$N_{\text{ВЫХ}} = K_{M_{\text{Ц}}} \cdot a. \quad (8)$$

Далее вычисляем значение номинального масштабного коэффициента

а) для МПЛУ с аналоговым выходом

$$K_{M_{\text{ном}}} = \sum_{i=1}^k (U_{\text{вых}i} \times a_i) / \sum_{i=1}^k a_i^2, \quad (9)$$

б) для МПЛУ с цифровым выходом

$$K_{M_{\text{ном}}} = \sum_{i=1}^k (N_{\text{вых}i} \times a_i) / \sum_{i=1}^k a_i^2. \quad (10)$$

После этого осуществляется вычисление нелинейностей передаточных характеристик Δ_a и $\Delta_{\text{ц}}$:

а) для МПЛУ с аналоговым выходом

$$\Delta_{ai} = U_{\text{ВЫХ}i} - U_{\text{ВЫХНОМ}i}, \quad (11)$$

б) для МПЛУ с цифровым выходом

$$\Delta_{\text{ци}i} = N_{\text{ВЫХ}i} - N_{\text{ВЫХНОМ}i}, \quad (12)$$

где $U_{\text{ВЫХНОМ}i}$ и $N_{\text{ВЫХНОМ}i}$ i -е значения номинальной передаточной характеристики.

Совокупность математических выражений 1–12 применима также и для определения нелинейности передаточных характеристик МПЛУ при воздействии на него внешних вибрационных факторов. В итоге мы получаем массивы значений нелинейностей $\Delta_{a\Sigma}$ и $\Delta_{\text{ц}\Sigma}$ для МПЛУ с аналоговым и цифровым выходами соответственно.

На этом заканчивается этап 2 – первичной обработки измеренных данных.

Этап 3 включает статистическую обработку данных, полученных на этапе 2.

Несмотря на то, что уже существуют программы статистической обработки данных на ЭВМ, авторами были разработаны алгоритм и программа статистической обработки измеренных данных, что обусловлено необходимостью:

- варьирования алгоритмом обработки;
- иметь в сконцентрированном варианте все необходимые результаты статистической обработки;
- разработки и вывода на печать статистического вида ЗРВ (гистограммы) в наиболее удобном для сравнения варианте, например, на одном рисунке две разновидности гистограмм.

Для статистической обработки полученных промежуточных результатов строились гистограммы ЗРВ нелинейностей Δ_a и $\Delta_{\text{ц}}$ МПЛУ в нормальных условиях и нелинейностей $\Delta_{a\Sigma}$ и $\Delta_{\text{ц}\Sigma}$ в условиях вибрации для изделий с аналоговым и цифровым выходами.

Определялись параметры этих ЗРВ [7]:

оценка математического ожидания в виде среднего арифметического

$$m(\Delta_a) \text{ или } m(\Delta_{ц}), m(\Delta_{a\Sigma}) \text{ или } m(\Delta_{ц\Sigma});$$

оценка среднего квадратического отклонения

$$\sigma(\Delta_a) \text{ или } \sigma(\Delta_{ц}), \sigma(\Delta_{a\Sigma}) \text{ или } \sigma(\Delta_{ц\Sigma});$$

диапазон закона;

$$d(\Delta_a) \text{ или } d(\Delta_{ц}), d(\Delta_{a\Sigma}) \text{ или } d(\Delta_{ц\Sigma}).$$

Определялись значения дополнительной нелинейности от вибрации

$$\Delta_{\text{адоп}} = \Delta_{a\Sigma} - \Delta_a \text{ или } \Delta_{\text{цдоп}} = \Delta_{ц\Sigma} - \Delta_{ц}, \quad (13)$$

строились гистограммы нелинейностей $\Delta_{\text{адоп}}$ или $\Delta_{\text{цдоп}}$ по полученным по формуле 13 данным и определялись параметры их ЗРВ аналогично приведенным выше.

Этап 4. На основании изложенной и рассмотренной в [8] математической модели проводится оценка виброустойчивости МПЛУ как элемента цифровой системы управления (ЦСУ).

В зависимости от вида выходного сигнала МПЛУ (аналогового или цифрового) расчет немного отличается. Опишем его на примере цифрового выходного сигнала.

Вначале определяются значения расчетного кванта q и среднего квадратического отклонения погрешности квантования $\sigma(\Delta_{ц})$ согласно формулам $q = Q/N$ и $\sigma(\Delta_{ц}) = q/2\sqrt{3}$, где Q – диапазон преобразования МПЛУ.

Затем осуществляется расчет потерь информации от основной погрешности $\Delta_{ц}$, а также производится учет влияния математического ожидания погрешности $\Delta_{ц}$ на информационную способность [9] МПЛУ. Здесь осуществляется также логическая операция сравнения полученного значения $m(\Delta_{ц})$ с величиной $0,1\sigma(\Delta_{ц})$. Если $m(\Delta_{ц})$ меньше этой величины, то значением $m(\Delta_{ц})$ пренебрегают ввиду его малости – оно не дает практически значимого изменения величины среднего квадратического отклонения $\sigma(\Delta_{ц})$ (изменение менее 0,5 %). В противном случае его значение учитывают. Здесь же получаем значение информационной способности реального МПЛУ в нормальных условиях.

Далее производится расчет информационной способности МПЛУ при воздействии вибрации. Непосредственно в процессе испытаний на виброустойчивость измеря-

лись значения передаточной характеристики. При этом имелась и реализовалась возможность по набору достаточно большого массива значений. Поэтому вклад вибрационных воздействий в увеличение среднего квадратического отклонения погрешности МПЛУ осуществляется через среднее квадратическое отклонение $\sigma_{ц\Sigma}$.

Вывод всех результатов осуществляется в графическом и текстовом форматах.

Для программы реализации алгоритма исходными являлись результаты исследований изделий с цифровыми и аналоговыми выходами. Цифровой сигнал снимался на ЭВМ и непосредственно записывался в текстовый файл. В случае аналогового сигнала он контролировался по вольтметру постоянного тока с точностью до четырех знаков после запятой и вручную вводился в текстовый файл.

Программа написана в среде *MATLAB* для реализации возможности автоматизированного проведения испытаний в условиях предприятий при наличии у них поворотного стенда с возможностью управления им с помощью ЭВМ и миниатюрного вибростенда, исполнительный элемент которого возможно закрепить через оснастку на валу поворотного стенда и также с возможностью управления им с помощью ЭВМ.

Таким образом, разработан алгоритм контроля виброустойчивости МПЛУ в нормальных условиях и в условиях воздействия внешних факторов, позволяющий определять вид и параметры ЗРВ нелинейностей аналогового и цифрового МПЛУ и информационную способность этих изделий. Это дает возможность правильно выбирать разрядную сетку АЦП для цифрового МПЛУ и обеспечить оптимальный выбор его под требования цифровых систем управления объектов.

Библиографический список

1. Кузнецов, В.А. Общая метрология / В.А. Кузнецов, Г.В. Якунина. – М.: ИПК Изд. стандартов, 2001. – 272 с.
2. Сергеев, А.Г. Метрология / А.Г. Сергеев. – М.: Логос, 2000. – 389 с.
3. Мудров, В.И. Методы обработки измерений: Квазиравдоподобные оценки. Изд. 2-е / В.И. Мудров, В.Л. Кушко – М.: Радио и связь, 1983. – 304 с.

4. Гиттис, Э.И. Преобразователи информации для электронных цифровых вычислительных устройств. Изд. 3-е / Э.И. Гиттис. – М.: Энергия, 1975. – 448 с.
5. Хлистунов, В.Н. Основы цифровой электроизмерительной техники и цифровые преобразователи / В.Н. Хлистунов. – М.–Л.: Энергия, 1966. – 345 с.
6. ГОСТ 8.207-76. ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения.
7. ГОСТ 8.011-72. ГСИ. Показатели точности измерений и форма представления результатов измерений.
8. Алексеев, В.В. Интегральная оценка точностных возможностей микроэлектромеханических преобразователей линейных ускорений / В.В. Алексеев, Ю.В. Ковганич, В.М. Полушкин, С.П. Тимошенко // Матер. всероссийской научно-технической конф. «Новые технологии в научных исследованиях, проектировании, управлении, производстве, космической механотронике», г. Воронеж, 2011 г.
9. Домрачев, В.Г. Цифровые преобразователи угла: Принципы построения, теория точности, методы контроля / В.Г. Домрачев, Б.С. Мейко – М.: Энергоатомиздат, 1984.

О ПРЕДЕЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЧИСЛА ДОСТИЖЕНИЙ ЗАДАННОГО УРОВНЯ ПРОЦЕССОМ СКОЛЬЗЯЩЕГО СУММИРОВАНИЯ

А.Б. ЛОСЬ, доц. каф. компьютерной безопасности МИЭМ НИУ ВШЭ, канд. техн. наук

alexloss@miem.edu.ru

Пусть X_1, X_2, \dots, X_N – (1) последовательность независимых, одинаково распределенных случайных величин, принимающих значение 1 и 0 с вероятностями p и q соответственно, $p + q = 1$,

$$\xi_t(n) = X_1 + X_2 + \dots + X_{t+n-1}, \quad t = 1, 2, \dots$$

процесс скользящего суммирования, порожденный последовательностью (1).

Исследованию характеристик процесса $\xi_t(n)$ посвящено довольно много работ в научной литературе [1–5].

В настоящей работе получены условия сходимости числа достижений заданного уровня процессом $\xi_t(n)$ за время $N-n+1$, к закону Пуассона и нормальному закону, а также исследовано предельное распределение времени первого достижения процессом $\xi_t(n)$ заданного уровня m .

Введем индикаторы $v_t(n, m)$ достижения процесса $\xi_t(n)$ заданного уровня m , полагая

$$v_1(n, m) = \begin{cases} 1, & \text{если } \xi_1(n) \geq m \\ 0, & \text{если } \xi_1(n) < m \end{cases}$$

$$v_t(n, m) = \begin{cases} 1, & \text{если } \xi_{t-1}(n) < m, \xi_t(n) = m \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

$t = 2, 3, \dots$;

Положим также

$$\eta_N(n, m) = \sum_{t=1}^{N-n+1} v_t(n, m)$$

– число достижений заданного уравнения m процессом $\xi_t(n)$ за время $N-n+1$, $\tau(n, m) = \min(N-n+1, \eta_N(n, m) > 0)$ – время первого достижения заданного уровня m процессом $\xi_t(n)$.

Заметим, что случайная величина $\tau(n, m)$ изучалась в работе [6], где получена двусторонняя оценка вероятности $p\{\tau(n, m) > N\}$. В [7] для вычисления вероятности $p\{\tau(n, m) > N\}$ предложена приближенная формула.

Далее, где это не вызовет путаницы, будем опускать индексы n и m в обозначении индикаторов $v_t(n, m)$.

Введем необходимые для дальнейшего изложения обозначения

$$C(n, k) = \binom{n}{k} p^k q^{n-k}, \quad D(n, m) = \sum_{k=m}^n C(n, k),$$

$$\lambda = E \eta_N(n, m) = D(n, m) + (N-n) C(n-1, m-1) \cdot p \cdot q,$$

$$x = p^2 \cdot q^2 \sum_{s=0}^{m-2} \sum_{k=m-s+1}^{n-s} C(n-k, s) \times$$

$$\times C(k-2, m-s-1) \cdot C(k-2, m-s-2).$$

Везде далее предполагается, что

$$\binom{n}{k} = 0$$

при $k > n$ или $n < 0$ и

$$\binom{k}{0} = 1$$

при $k \geq 0$.

Теорема 1. Пусть при $N, n, m \rightarrow \infty$ величина p ($p \leq p_0 < 1$) изменяется так, что

$$\lambda \cdot e^{-\lambda} / m \rightarrow 0 \quad (2)$$

$$(n-m) \cdot p = O(1). \quad (3)$$

Тогда, если $\lambda \rightarrow \infty$, то равномерно по значениям $k = 0, 1, 2, \dots, 2[\lambda]$

$$p\{\eta_N(n, m) = k\} = \lambda^k \cdot e^{-\lambda} / k! \cdot (1 + o(1)) \quad (4)$$

и случайная величина $\eta_N(n, m)$ распределена асимптотически нормально с параметром (λ, λ) .

Если $\lambda \rightarrow \lambda_0, \lambda_0 = const$, то $Ez^{\eta_N(n, m)} \rightarrow e^{\lambda_0(z-1)}$.

Вначале докажем одно вспомогательное утверждение.

Лемма. Пусть при $N, n, m \rightarrow \infty$ величина p ($p \leq p_0 < 1$) величина p изменяется так, что $\lambda \geq C > 0, C = const$, и выполняется условие (3). Тогда

- 1) $n \cdot m^t / N \rightarrow 0$ при любом $t < \infty$,
- 2) $(N-n) \cdot x = O(\lambda/m)$.

Доказательство леммы. Для доказательства утверждения 1) рассмотрим два случая.

а) Пусть $m/n \rightarrow 1$.

Обозначим $h = n - m$ и рассмотрим величину $\delta = n \cdot m^t \cdot C(n-1, m-1) \cdot p \cdot q$.

Поскольку

$$\binom{n-1}{m-1} \leq \frac{n^h}{h!}$$

то $\delta \leq n^{t+1+h} \cdot p^m / h!$

Учитывая, что $h! \geq h^h \cdot e^{-h}$, а также, что $h/n \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$, получаем $\delta \leq n^{t+1+h} \cdot p^m / h! = \exp\{(t+1) \cdot \ln n - h \cdot \ln(h/n) + (n-h) \cdot \ln p\} = \exp\{n[(t+1) \cdot n^{-1} \cdot \ln n - h/n \cdot \ln h/n + h/n + (1-h/n) \ln p]\} = \exp\{n \cdot (\ln p \cdot (1+o(1)) + o(1))\} \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$.

Отсюда следует, что $\delta = n \cdot m^t \cdot C(n-1, m-1) \cdot p \cdot q \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$.

Поскольку $\lambda = D(n, m) + (N-n) C(n-1, m-1) \cdot p \cdot q \geq c > 0$, то $\delta / \lambda \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$.

Так как в условиях леммы $m \rightarrow \infty$, то в силу (3) и неравенства $q \geq 1 - p_0, p_0 = const, p_0 < 1$ справедливо соотношение

$$D(n, m) = C(n, m) \times \left(1 + \sum_{k=1}^m \frac{(n-m) \dots (n-m-k+1)}{(m+1) \dots (m+k)} \left(\frac{p}{q} \right)^k \right) = C(n, m) (1 + o(1)).$$

Поэтому, $\lambda = (N - n + n/mq) \cdot C(n-1, m-1) \cdot p \cdot q \cdot (1 + o(1))$, и, следовательно, $n \cdot m^t / (N - n + n/(m \cdot q)) \rightarrow 0$ при $N, n, m \rightarrow \infty$, откуда следует утверждение 1) леммы в случае а).

б) $m/n \rightarrow \gamma < 1$.

Нетрудно видеть, что в этом случае условие $(n-m) \cdot p = o(1)$ эквивалентно условию $n \cdot p = o(1)$.

Поскольку

$$\binom{n-1}{m-1} \leq \frac{n^{m-1}}{(m-1)!}$$

то $n \cdot m^t \cdot (N-n) \cdot C(n-1, m-1) \cdot p \cdot q \leq m^t \cdot (np)^t / (m-1)! \rightarrow 0$ при $n, m \rightarrow \infty$.

Отсюда с учетом сделанных выше замечаний следует справедливость утверждения 1) леммы в случае б). Утверждение 1) леммы доказано. Докажем утверждение 2).

Нетрудно видеть, что

$$(N-n) \cdot x \leq \lambda \cdot x \cdot [(C(n-1, m-1) \cdot p \cdot q)^{-1}].$$

По определению величины x имеем

$$(N-n)x = (N-n) p^2 q^2 \sum_{s=0}^{m-2} \sum_{k=m-s+1}^{n-s} C(n-k, s) \times \times C(k-2, m-s-1) C(k-2, m-s-2) (N-n)x \leq \leq \lambda \cdot \sum_{s=0}^{m-2} \sum_{m-s+1}^{n-s} \frac{\binom{n-k}{s} \binom{k-2}{m-s-1} \binom{k-2}{m-s-2}}{\binom{n-2}{m-1}} p^{m-s-1} q^{k+s-m}.$$

Поскольку

$$\max_{k \in [m-s+1, n-s]} \binom{k-2}{m-s-2} = \binom{n-s-2}{m-s-2},$$

то

$$(N-n)x \leq \lambda \sum_{s=0}^{m-2} \binom{n-s-2}{m-s-2} \times \times p^{m-s-1} \sum_{k=m-s+1}^{n-s} \frac{\binom{n-k}{s} \binom{k-2}{m-s-1}}{\binom{n-1}{m-1}}. \quad (5)$$

Применяя известное тождество

$$\sum_{k=l}^{n-m} \binom{n-k}{m} \binom{k}{l} = \binom{n+1}{m+l+1},$$

из (5) получаем

$$\sum_{k=m-s+1}^{n-s} \frac{\binom{n-k}{s} \binom{k-2}{m-s-1}}{\binom{n-1}{m-1}} = \frac{\binom{n-1}{m}}{\binom{n-1}{m-1}} = \frac{n-m}{m},$$

и, следовательно,

$$(N-n)x \leq \lambda \frac{(n-m)}{m} \cdot p \cdot \sum_{s=0}^{m-2} \binom{n-s-2}{m-s-2} p^{m-s-2}. \quad (6)$$

Обозначим $m-s-2=l$, $n-m=h$ и рассмотрим величину

$$\sum_{s=0}^{m-2} \binom{n-s-2}{m-s-2} p^{m-s-2} = \sum_{l=0}^{m-2} \binom{h+l}{l} p^l.$$

Покажем, что при выполнении условия (3) она ограничена. Для этого достаточно показать сходимость ряда

$$\sum_{l=0}^{\infty} \binom{h+l}{l} p^l.$$

Нетрудно видеть, что

$$\left(\frac{h+l}{l}\right) \cdot p^l \leq \frac{(h+l)^h}{h!} \cdot p^l = \frac{l^h \cdot p^l}{h!} \cdot \left(1 + \frac{h}{l}\right)^h.$$

Поскольку

$$\left(1 + \frac{h}{l}\right)^h \leq e^{h^2/l}$$

при $h, l > 0$ и $h! \geq h^h \cdot e^{-h}$, то

$$\begin{aligned} \left(\frac{h+l}{l}\right) p^l &\leq l^h \cdot p^l \cdot l^{h^2/l+h} = \\ &= \exp \left\{ h \cdot \ln l + l \cdot \ln p + \frac{h^2}{l} + h - h \ln h \right\} = \\ &= \exp \{ l \cdot (\ln p + (h/l)^2 + h/l \cdot (1 - \ln(h/l))) \}. \end{aligned}$$

Далее заметим, для любого значения h найдется такое l_0 , что для всех $l \geq l_0$ справедливо неравенство $(h/l)^2 + h/l \cdot (1 - \ln(h/l)) \leq \ln(1+p_0)/2p_0$.

При этом

$$\begin{aligned} \left(\frac{h+l}{l}\right) p^l &\leq \exp \left\{ l \left(\ln p + \frac{1+p_0}{2p_0} \right) \right\} \leq \\ &\leq \exp \left\{ l \left(\ln p_0 + \ln \frac{1+p_0}{2p_0} \right) \right\} = \left(\frac{1+p_0}{2} \right)^l. \end{aligned}$$

Тогда очевидно, что

$$\sum_{l=l_0}^{\infty} \left(\frac{1+p_0}{2} \right)^l = o(1).$$

Обозначим $C_0 = C_0(h) > 0$ величину, удовлетворяющую условию $h/l \leq C_0$ для всех $l \geq l_0$ и $h/l > C_0$ для всех $l < l_0$.

Тогда для величины $l = 0, 1, \dots, l_0-1$ справедливы соотношения

$$\begin{aligned} \binom{h+l}{l} p^l &\leq \frac{(h+l)^l}{l!} p^l = \\ &= \frac{\left(h \cdot p \cdot \left(1 + \frac{l}{h} \right) \right)^l}{l!} \leq \frac{(h \cdot p \cdot (1 + 1/C_0))^l}{l!}. \end{aligned}$$

Поэтому

$$\begin{aligned} \sum_{l=0}^{l_0-1} \binom{h+l}{l} \cdot p^l &\leq \sum_{l=0}^{l_0-1} \left(\frac{h \cdot p \cdot (1 + 1/C_0)}{l!} \right)^l \leq \\ &\leq \exp \{ h \cdot p \cdot (1 + C_0^{-1}) \} = o(1). \end{aligned}$$

Таким образом, при выполнении условия (3) величина

$$\sum_{s=0}^{m-2} \binom{n-s-2}{m-s-2} \cdot p^{m-s-2}$$

ограничена. При этом из соотношения (6) следует утверждение 2) леммы. Лемма доказана. Перейдем к доказательству теоремы 1.

Для значений величины $k = 1, 2, \dots$ положим

$$b_{i_1}, b_{i_2}, \dots, b_{i_k} = p \{ v_{i_1} = v_{i_2} = \dots = v_{i_k} = 1 \}.$$

Вначале рассмотрим случай $\lambda \rightarrow \infty$.

Обозначим $\eta_N^*(n, m) = \eta_N(n, m) - v_1$.

В рамках введенных обозначений нетрудно видеть, что

$$\begin{aligned} p \{ \eta_N(n, m) - \eta_N^*(n, m) > 0 \} &= p \{ v_1 = 1 \} = D(n, m) = \\ &= C(n, m) \left(1 + \sum_{h=1}^{n-m} \frac{(n-m) \dots (n-m-h+1)}{(m+1) \dots (m+h)} \left(\frac{p}{q} \right)^h \right). \end{aligned}$$

Поскольку по условию теоремы 1 $q \geq 1 - p_0$, то в силу утверждения 1) леммы справедливы равенства $D(n, m) = C(n, m) (1 + o(1)) = n \cdot m^{-1} \cdot C(n-1, m-1) \cdot p \cdot (1 + o(1)) = n \cdot \lambda \cdot (m \cdot (N-n) \cdot q)^{-1} \cdot (1 + o(1)) \rightarrow 0$ (7). Таким образом, $p \{ \eta_N(n, m) - \eta_N^*(n, m) > 0 \} \rightarrow 0$ и, следовательно, предельные распределения случайных величин η_N^* и η_N совпадают.

Положим далее $z_1 = \alpha \cdot \lambda^* \cdot n / (N-n) + 2(N-n)x$,

$$z_2 = z_1 + e \min \left\{ \frac{(\lambda^*)^2 \cdot (n-m) \cdot (m-1)}{N-n}, \lambda^* \cdot (np)^2 \right\},$$

$$\omega = 2(\lambda^*)^2(n+1)/(N-n) + D(n,m)^2, \\ \alpha^* = [(2n+1) \cdot e \cdot b_2]^{-1}, \lambda^* = E \eta_N^*(n,m) = \lambda + o(1).$$

Проводя рассуждения, аналогичные доказательству теоремы 1 работы [8], можно показать, что для случайной величины $\eta_N^*(n,m)$ справедливо неравенство

$$\sum_{k=0}^{\infty} \left| p\{\eta_N^*(n,m)=k\} \frac{(\lambda^*)^k \cdot e^{-\lambda^*}}{k!} \right| \leq R^*, \quad (8)$$

где

$$R^8 = 2 \max\{w, z_2\} \frac{(1+z_2 \cdot e^{2\lambda^* + \alpha^*})(2+(\lambda^*+2)/\alpha^* + e^{2\lambda^* + \alpha^*})}{1-w/2-z_2(1+(\lambda^*+2)/\alpha^*)}.$$

Для доказательства (4) тогда достаточно показать, что равномерно по всем значениям $k=0, 1, 2, \dots, 2[\lambda]$ имеет место соотношение

$$R^* = o(\lambda^k e^{-\lambda/k!}),$$

где $[\lambda]$ – целая часть λ .

Заметим, что функция $f(k) = \lambda^k/k!$, заданная на множестве $\{0, 1, \dots, 2[\lambda]\}$, достигает минимума в одной из крайних точек $k=0$ или $k=2[\lambda]$. Применяя формулу Стирлинга, получаем

$$f(2[\lambda]) = \frac{\lambda^{2[\lambda]}}{(2[\lambda])!} = \frac{1}{2\sqrt{\pi[\lambda]}} \frac{\lambda^{2[\lambda]} \cdot e^{2[\lambda]}}{(2[\lambda])^{2[\lambda]}} (1+o(1)).$$

Поскольку

$$\frac{\lambda^{2[\lambda]}}{[\lambda]^{2[\lambda]}} \geq 1,$$

то

$$\frac{\lambda^{2[\lambda]} \cdot e^{2[\lambda]}}{2\sqrt{\pi[\lambda]} \cdot (2[\lambda])^{2[\lambda]}} \geq \frac{1}{2\sqrt{\pi[\lambda]}} \cdot \left(\frac{e}{2}\right)^{2[\lambda]} \rightarrow \infty$$

при $\lambda \rightarrow \infty$.

В связи с этим, для доказательства соотношения (4) достаточно показать, что

$$R^* = o(e^{-\lambda}).$$

Из соотношения (8) следует, что для выполнения последнего равенства достаточно выполнения условий

$$e^\lambda \cdot \max(\omega, z_2) \rightarrow 0 \text{ и } \lambda = o(\alpha^*).$$

Заметим, что

$$b_2 = C(n-1, m-1) \cdot p \cdot q = \lambda \cdot N^{-1} (1+o(1)), \quad (9)$$

поэтому в силу утверждения 1) леммы и условия (2) имеем:

$$\lambda \alpha^* = \lambda(2n+1) \cdot e \cdot b_2 = \\ = 2e \cdot \lambda^2 \cdot n \cdot N^{-1} (1+o(1)) \rightarrow 0$$

при $N, n, m \rightarrow \infty$ и, следовательно, $\lambda = o(\alpha^*)$.

В силу утверждения 1) и 2) леммы и соотношения (7) получаем

$$e^\lambda \omega \leq e^\lambda \left(2\lambda^2 \frac{n+1}{N-n} + D^2(n,m) \right) = \\ = O\left(\frac{\lambda^2 e^\lambda n m^2}{m^2 \cdot N}\right) + O\left(\frac{\lambda e^\lambda n}{m \cdot N}\right) \rightarrow 0 \quad (10)$$

при $N, n, m \rightarrow \infty$.

Кроме того,

$$e^\lambda \cdot z \leq e^\lambda \left(\frac{2 \cdot \lambda \cdot n}{N-n} + 2(N-n)x + e \cdot \frac{\lambda^2(n-m)(m-1)}{N-n} \right) = \\ = O\left(\frac{\lambda \cdot e^\lambda \cdot m \cdot n}{m \cdot N}\right) + O\left(\frac{\lambda \cdot e^\lambda}{m}\right) + \\ + O\left(\frac{\lambda^2 \cdot e^\lambda (n-m)m^2(m-1)}{m^2 \cdot N}\right) \rightarrow 0. \quad (11)$$

при $N, n, m \rightarrow \infty$.

Тем самым соотношение (4) доказано. Покажем, что из условия (4) следует асимптотическая нормальность случайной величины $\eta_N(n,m)$.

В [9] отмечено, что если некоторая случайная величина распределена по закону Пуассона с параметром λ , то при $\lambda \rightarrow \infty$ она имеет асимптотически нормальное распределение с параметром (λ, λ) . В связи с этим в нашем случае достаточно показать, что при $\lambda \rightarrow \infty$ распределение $\eta_N(n,m)$ есть закон Пуассона с параметром λ .

Обозначим $\varphi_\eta(t)$ характеристическую функцию случайной величины $\eta_N(n,m)$, а $\varphi_\xi(t)$ – характеристическую функцию случайной величины ξ , распределенной по закону Пуассона с параметром λ .

Положим также $p\{\eta_N(n,m)=k\} = p_k$, при $k=2[\lambda]+1, \dots$

Нетрудно видеть,

$$\varphi_\eta(t) - \varphi_\xi(t) = \\ = \left| \sum_{k=0}^{2[\lambda]} e^{itk} \frac{\lambda^k \cdot e^{-\lambda}}{k!} (1+o(1)) + \sum_{k=2[\lambda]+1}^{\infty} e^{itk} \cdot p_k - \sum_{k=0}^{\infty} e^{itk} \frac{\lambda^k \cdot e^{-\lambda}}{k!} \right| \leq \\ \leq \sum_{k=0}^{2[\lambda]} \left| e^{itk} \frac{\lambda^k \cdot e^{-\lambda}}{k!} \cdot o(1) + \sum_{k=2[\lambda]+1}^{\infty} \left| e^{itk} \left(p_k + \frac{\lambda^k \cdot e^{-\lambda}}{k!} \right) \right| \right|. \quad (12)$$

Покажем, что

$$\sum_{k=2[\lambda]+1}^{\infty} \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^k}{k!} \rightarrow 0 \text{ при } \lambda \rightarrow \infty.$$

Нетрудно видеть, что

$$\sum_{k=2[\lambda]+1}^{\infty} \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!} = p \{ \xi > 2[\lambda] \}.$$

Применяя известное неравенство $p \{ \xi \geq 2[\lambda] \} \leq \exp \{ -2[\lambda] \} \cdot E e^{\xi}$, получаем

$$\sum_{k=2[\lambda]+1}^{\infty} \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^k}{k!} < e^{-2[\lambda]} e^{\lambda(e-1)} \rightarrow 0 \text{ при } \lambda \rightarrow \infty.$$

Из последнего соотношения следует, что при любом фиксированном значении t все слагаемые в (12) стремятся к нулю при $\lambda \rightarrow \infty$. Следовательно, при любом фиксированном значении t

$$|\varphi_{\eta}(t) - \varphi_{\xi}(t)| \rightarrow 0 \text{ при } \lambda \rightarrow \infty.$$

Это, в свою очередь, означает, что при $\lambda \rightarrow \infty$ случайные величины $\eta_N(n, m)$ и ξ имеют одинаковые предельные распределения. Таким образом, утверждение теоремы 1 в случае $\lambda \rightarrow \infty$ доказано.

Рассмотрим случай $\lambda \rightarrow \lambda_0 > 0$, $\lambda_0 = const$. Из утверждения 1) леммы и соотношения (7) следует, что $D(n, m) \rightarrow 0$ при $N, n, m \rightarrow \infty$, поэтому предельные распределения $\eta_N(n, m)$ и $\eta_N^*(n, m)$ также совпадают и для доказательства теоремы 1 достаточно показать, что $R^* \rightarrow 0$ при $N, n, m \rightarrow \infty$.

С учетом (8) имеем $\lambda / \alpha^* = 2 \cdot e \cdot \lambda^2 \cdot n \cdot N^{-1} (1 + o(1))$.

Поэтому, $\exp \{ 2\lambda - \alpha^* \} = O(1)$.

Справедливость соотношения $\max(\omega, z_2) \rightarrow 0$ непосредственно следует из (10), (11) и утверждений 1) и 2) леммы. Теорема 1 доказана.

Теорема 2. Пусть $n, m \rightarrow \infty$ так, что $n - m = k \geq 0, k = const$.

Тогда $p \{ \tau(n, m) \cdot n^k \cdot p^n \leq x \} \rightarrow 1 - \exp \{ -x \cdot p^{-k} \cdot q^{k+1} / k! \}$.

Доказательство. Очевидно, что при любом фиксированном $x \in (0, \infty)$,

$$p \{ \tau(n, m) \cdot n^k \cdot p^n > x \} = p \{ \eta_{M(x)}(n, m) = 0 \},$$

где $N(x) = [x / n^k p^n]$,

поэтому для доказательства теоремы 2 достаточно показать, что при любом фиксированном $x \in (0, \infty)$, величины $N(x), n, m$ и p , определенные в условии теоремы 2, удовлетворяют условию теоремы 1 со значением $\lambda(x) = x \cdot p^{-k} \cdot q^{k+1} / k!$.

Нетрудно видеть, что $\lambda(x) = D(n, m) + (N(x) - n) \cdot C(n-1, m-1) \cdot p \cdot q \sim x \cdot p^{-k} \cdot q^{k+1} / k!$.

Условие $N(x) \rightarrow \infty$, очевидно, выполнено. Теорема 2 доказана.

Теорема 3. Пусть при $n, m \rightarrow \infty$ величина $p \rightarrow 0$ так, что $n \cdot p \rightarrow \delta > 0, \delta = const, m/n \rightarrow \gamma > 0, \gamma = const$.

Тогда,

$$p \left\{ \tau(n, m) \binom{n-1}{m-1} p^m < x \right\} \rightarrow 1 - \exp \{ -x \cdot e^{-\delta(1-\gamma)} \}.$$

Доказательство теоремы 3 аналогично доказательству теоремы 2.

Рассмотрим теперь важный с практической точки зрения случай $p = q = 1/2$.

Обозначим σ^2 – дисперсию случайной величины $\eta_N(n, m)$.

Теорема 4. Если при $N, n \rightarrow \infty$ натуральная величина $m > 1$ изменяется так, что

$$N \cdot \binom{n-1}{m-1} \cdot 2^{-n} \rightarrow \infty, \quad (13)$$

$$\left| \frac{m - n/2}{\sqrt{n/2}} \right| \geq \sqrt{2 \ln n}, \quad (14)$$

то

$$\lim_{N \rightarrow \infty} p \left\{ \frac{\eta_N(n, m) - \lambda}{\sigma} < x \right\} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$

Доказательство. Прямым применением формулы Стирлинга нетрудно показать, что для всех m , удовлетворяющих условию (14), имеет место равенство

$$\binom{n}{m} \cdot 2^{-n} = O(n^{-3/2}). \quad (15)$$

Оценим величину σ^2 . Учитывая, что $E v_i = p \{ v_i = 1 \} = b_i$ при $i = 1, 2, \dots, N - n + 1$ и $b_i = b_j$ при $i, j \geq 2$, получаем

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= E \left\{ \sum_{i=1}^{N-n+1} (v_i - b_i) \right\}^2 = \\ &= \sum_{i=1}^{N-n+1} E(v_i - b_i)^2 + 2 \cdot \sum_{i=2}^{N-n+1} [E v_i v_i - b_1 b_2] + \\ &+ 2 \cdot \sum_{2 \leq i < j \leq N-n+1} [E v_i v_j - b_2^2]. \end{aligned}$$

Учитывая, что $E v_i v_j = E v_i \cdot E v_j$ при $|i - j| \geq n + 1$, а также, что $E v_i v_j = b_{i,j}$, из последнего соотношения получаем

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= b_1(1 - b_1) + (N - n) b_2(1 - b_2) + 2 \sum_{i=2}^{n+1} (b_{1,i} - b_1 \cdot b_2) + \\ &+ 2 \sum_{i=2}^{N-n} \sum_{j=i+1}^{\min(i+n, N-n+1)} (b_{i,j} - b_2^2) \geq \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\geq (N-n) b_2 (1-b_2) - 2 (n+1) b_1 b_2 - \\ &- 2(N-n) \cdot n \cdot (b_2)^2 = (b_1 + (N-n) b_2) \cdot [1 - b_2 - \\ &- 2(n+1)/(N-n) b_1 - 2n b_2] - b_1 + b_1 b_2 + \\ &+ 2(n+1)(N-n) (b_1)^2 + 2 n b_1 b_2 \geq \lambda [1 - b_2 - \\ &- 2(n+1)/(N-n) b_1 - 2 n b_2 - b_1 / \lambda] = \lambda (1 + o(1)). \end{aligned}$$

Поскольку из (14) и (15) следует, что $n \cdot b_2 = O(n^{-1/2})$ при $n \rightarrow \infty$, а также, что $n / N \rightarrow 0$ при $N, n \rightarrow \infty$.

Таким образом, из (13) – (15) и сделанных выше замечаний следует, что $\sigma^2 \rightarrow \infty$ при $N, n \rightarrow \infty$.

Обозначим λ^* и $(\sigma^*)^2$ соответственно среднее и дисперсию случайной величины $\eta_N^*(n, m) = \eta_N(n, m) - v_1$ и рассмотрим величину $(\eta_N(n, m) - \lambda) / \sigma - (\eta_N^*(n, m) - \lambda^*) / \sigma^* = (v_1 - b_1) / \sigma$.

Пусть $\varepsilon > 0$ – некоторое фиксированное число. Применяя неравенство Чебышева, получаем

$$p \left\{ \left| \frac{v_1 - b_1}{\sigma} \right| > \varepsilon \right\} \leq \frac{Dv_1}{\sigma^2 \cdot \varepsilon^2} \rightarrow 0 \quad (16)$$

при $N \rightarrow \infty$.

Далее заметим, что

$$\begin{aligned} \sigma^2 - (\sigma^*)^2 &= E(v_1 - b_1)^2 + \\ &+ 2 \sum_{i=2}^{n+1} E(v_1 v_i - b_1 b_i) = b_1(1-b_1) + 2 \sum_{i=2}^{n+1} (b_{1,i} - b_1 \cdot b_i) \leq \\ &\leq b_1(1-b_1) + 2 \sum_{i=2}^{n+1} b_{1,i} \leq b_1(1-b_1) + n \cdot b_2, \end{aligned}$$

так, как $b_{1,i} \leq b_{i-2} b_2$ при $i = \overline{2, n+1}$.

С другой стороны $\sigma^2 - (\sigma^*)^2 \geq b_1(1-b_1) - 2n b_1 b_2$.

Поскольку $b_1(1-b_1) \leq 1$, а $n \cdot b_2 = o(1)$, то $1 - (\sigma^*)^2 / \sigma^2 \rightarrow 0$ при $N \rightarrow \infty$ и, следовательно, $\sigma^2 = (\sigma^*)^2 \cdot (1 + o(1))$.

Из последнего соотношения, а также из (16) следует, что предельные распределение случайных величин $(\eta_N(n, m) - \lambda) / \sigma$ и $(\eta_N^*(n, m) - \lambda^*) / \sigma^*$ совпадают. Таким образом, для доказательства теоремы 4 достаточно показать, что при выполнении (13) и (14) имеет место равенство

$$\lim_{N \rightarrow \infty} p \left\{ \frac{\eta_N^*(n, m) - \lambda^*}{\sigma^*} < x \right\} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-t^2/2} dt. \quad (17)$$

Покажем, что для стационарной последовательности $\{v_i\}$, $i = 2, 3, \dots$ выполняется условие теоремы 18.5. 1 работы [10]. В соответствии с [10] для этого достаточно показать что

$$\varphi_n(k) = \max_{k \leq t \leq n} \max_{i, j \in \{0, 1\}} r_{i, j}(t) \rightarrow 0 \quad (18)$$

при $n, k \rightarrow \infty$, где $r_{ij}(t) = |p\{v_2 = i, v_t = j\} - p\{v_2 = i\} \cdot p\{v_t = j\}| / p\{v_2 = i\}$.

Пусть $k \geq 4$. Рассмотрим величину $\max r_{11}(t)$, $k \leq t \leq n$.

Очевидно, что $r_{11}(t) = |b_{2,t} - b_2 b_t| / b_2 \leq b_{2,t} / b_2 + b_t$.

Из соотношения (15) следует, что

$$b_2 = \binom{n-1}{m-1} \cdot 2^{-(n+1)} \rightarrow 0 \text{ при } n \rightarrow \infty.$$

Далее заметим, что

$$\begin{aligned} b_{2,t} &= \sum_{s=0}^{m-2} 2^{-t+2} \binom{n-t+1}{s} \binom{t-3}{m-s-1} \binom{t-3}{m-s-2} \binom{n-1}{m-1}^{-1} \leq \\ &\leq 2^{-t+2} \max_{0 \leq s < m-2} \binom{t-3}{m-s-1} \frac{\binom{n-2}{m-2}}{\binom{n-1}{m-1}} = 2^{-t+2} \max_{0 \leq s < m-2} \binom{t-3}{m-s-1} \frac{m-1}{n-1}. \end{aligned}$$

Поскольку

$$\max_{0 \leq s \leq m-2} \binom{t-3}{m-s-1} \leq \max_{0 \leq s \leq t-3} \binom{t-3}{s} = \binom{t-3}{\lfloor \frac{t-3}{2} \rfloor},$$

то

$$\frac{b_{2,t}}{b_2} \leq \frac{1}{2} \cdot \binom{t-3}{\lfloor \frac{t-3}{2} \rfloor} \cdot 2^{-(t-3)}.$$

Тогда

$$\max_{k \leq t \leq n} r_{11}(t) \leq \frac{1}{2} \cdot \binom{k-3}{\lfloor \frac{k-3}{2} \rfloor} \cdot 2^{-(k-3)} + b_t \rightarrow 0$$

при $n, k \rightarrow \infty$.

Рассмотрим величину $r_{10}(t)$, равную $r_{10}(t) = |p\{v_2 = 1, v_t = 0\} - p\{v_2 = 1\} \cdot p\{v_t = 0\}| / p\{v_2 = 1\}$.

Принимая во внимание очевидное равенство $p\{v_2 = 1\} = p\{v_2 = 1, v_t = 0\} + p\{v_2 = 1, v_t = 1\}$, получаем $r_{10}(t) = |b_2 - b_{2,t} - b_2(1-b_t)| / b_2 = |b_{2,t} - b_2 b_t| / b_2 = r_{11}(t)$.

Рассмотрим величину $r_{01}(t)$ равную $r_{01}(t) = |p\{v_2 = 0, v_t = 1\} - p\{v_2 = 0\} \cdot p\{v_t = 1\}| / p\{v_2 = 0\}$.

Принимая во внимание равенство $p\{v_t = 1\} = p\{v_2 = 0, v_t = 1\} + p\{v_2 = 1, v_t = 1\}$, получаем $r_{01}(t) = |b_t - b_2 b_t - (1-b_2) b_t| / (1-b_2) = |b_{2,t} - b_2 b_t| / (1-b_2) = r_{11}(t) b_2 / (1-b_2) \leq$

$\leq r_{11}(t)$ при всех n , начиная с некоторого номера n_0 .

Проводя аналогичные рассуждения, нетрудно показать, что $r_{00}(t) = r_{01}(t)$.

Из сказанного выше следует, что функция $\varphi_n(k)$, определяемая соотношением (17), стремится к нулю при $n, k \rightarrow \infty$, и последовательность $\{v_i\}$, $i=2,3,\dots$ удовлетворяет условию равномерно сильного перемешивания. Таким образом, все условия теоремы 18.5.1 работы [10] выполнены и для случайной величины $\eta_N^*(n, m)$ справедливо соотношение (17). Теорема 4 доказана.

Библиографический список

1. Новак, С.Ю. О распределении максимума частичных сумм Эрдеша-Реньи / С.Ю. Новак // Теория вероятностей и ее применения. – 1997. – Т. 42. – Вып. 2. – С. 274–293.
2. Питербарг, В.И. О больших скачках случайного блуждания / В.И. Питербарг // Теория вероятностей и ее применения. – 1991. – Т. 36. – Вып. 1. – С. 54–64.
3. Довгалюк, В.В. Большие отклонения траекторий пуассоновского процесса. – Вероятностные про-

- цессы и их приложения / В.В. Довгалюк, В.И. Питербарг. – М.: МИЭМ, 1989. – С. 112–117.
4. Козлов, М.В. О частичных суммах Эрдеша-Реньи: Большие отклонения, условное поведение / М.В. Козлов // Теория вероятностей и ее применения. – Т. 46. – Вып. 4. – 2001. – С. 678–696.
5. Лось, А.Б. О предельном распределении максимума процесса скользящего суммирования (частичных сумм Эрдеша-Реньи) / А.Б. Лось // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – № 3(79). – 2011. – С. 185–188.
6. Зубков, А.М. Оценки для сумм конечно-зависимых индикаторов и для момента первого наступления редкого события / А.М. Зубков // Тр. МИАН СССР, 1986. – Т. 177. – С. 33–46.
7. Naus J.I. Approximations for distributions of scan statistics. – J. Amer. Statistic Assoc., 1974, v. 69, p. 810–815.
8. Лось, А.Б. О скорости сходимости к закону Пуассона числа достижений заданного уровня процессом скользящего суммирования / А.Б. Лось // Вестник МГУЛ–Лесной вестник, 2012.
9. Феллер, В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения / В. Феллер. – М.: Мир, 1964. – Т. 1. – 498 с.
10. Ибрагимов, И.А. Независимые и стационарно связанные величины / И.А. Ибрагимов, Ю.В. Линник. – М.: Наука, 1965. – 523 с.

НЕЧЕТКАЯ РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ЧАСТНОГО СЛУЧАЯ ИНТЕРВАЛЬНЫХ НЕЧЕТКИХ ЧИСЕЛ ВТОРОГО ТИПА

Н.Э. МАЛОЛЕПШАЯ, *асс. каф. высшей математики МГУЛ*

olga.m.pol@yandex.ru

Для анализа зависимостей между качественными характеристиками и прогноза их значений используются методы нечеткого регрессионного анализа, которые значительно расширили границы применения класси-

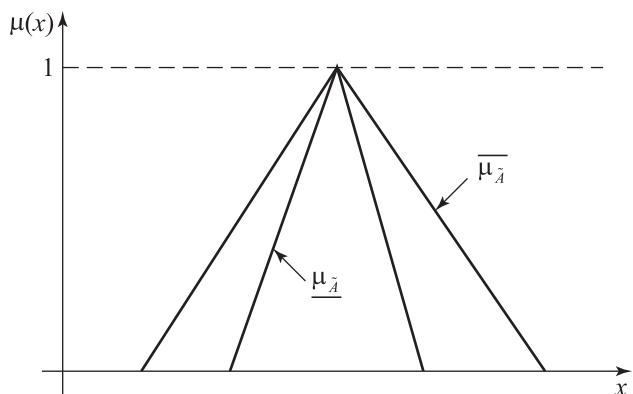


Рисунок. Интервальное нечеткое числа второго типа с $LMF \underline{\mu}_\lambda$ и $UMF \overline{\mu}_\lambda$

ческого регрессионного анализа, то есть позволили строить регрессионные зависимости на основе нечеткой исходной информации [1]. Однако в настоящее время методы нечеткого регрессионного анализа ограничены рассмотрением только нечетких чисел первого типа, что можно отнести к их недостаткам и причинам достаточно грубой формализации исходной информации [2]. Поскольку представления разных людей об одном и том же понятии могут различаться, то устранить недостатки нечеткого регрессионного анализа позволяют нечеткие числа второго типа, которые имеют достаточно степеней свободы, чтобы сохранить индивидуальные сведения субъектов об определенном понятии и повысить информативность исходных данных. В то же время с нечеткими числами второго типа работать

достаточно сложно, поэтому, как правило, рассматриваются их специальные классы.

Рассмотрим частный случай интервального нечеткого числа второго типа (*interval type-2 fuzzy sets (IT2 FS)*), представленного на рисунке.

Это число определено нижней функцией принадлежности *LMF* и верхней функцией принадлежности *UMF*, которые обозначены соответственно через $\underline{\mu}_{\tilde{A}}$ и $\overline{\mu}_{\tilde{A}}$, $\underline{\mu}_{\tilde{A}} = (a^L, a_l^L, a_r^L)$, $\overline{\mu}_{\tilde{A}} = (a^U, a_l^U, a_r^U)$. Первый параметр в скобках – это абсцисса вершины треугольника, который является графиком соответствующей функции принадлежности, а два последних параметра – это длины правой и левой боковых сторон треугольника [3].

Рассмотрим нечеткую линейную регрессионную модель $\tilde{Y} = \tilde{a}_0 + \tilde{a}_1 \tilde{X}_1 + \dots + \tilde{a}_m \tilde{X}_m$, где $\tilde{a}_j = (b^j, b_l^j, b_r^j)$, $j = 0, m$ – неизвестные ко-

$$\theta_{\tilde{Y}_i}^{1L} = b^0 - \frac{1}{6}b_l^0 + \sum_{j=1}^m \theta_{\tilde{a}_j \tilde{X}_j}^{1L} (b^j, b_l^j, b_r^j), \quad \theta_{\tilde{Y}_i}^{2L} = b^0 + \frac{1}{6}b_r^0 + \sum_{j=1}^m \theta_{\tilde{a}_j \tilde{X}_j}^{2L} (b^j, b_l^j, b_r^j),$$

$$\theta_{\tilde{Y}_i}^{1U} = b^0 - \frac{1}{6}b_l^0 + \sum_{j=1}^m \theta_{\tilde{a}_j \tilde{X}_j}^{1U} (b^j, b_l^j, b_r^j), \quad \theta_{\tilde{Y}_i}^{2U} = b^0 + \frac{1}{6}b_r^0 + \sum_{j=1}^m \theta_{\tilde{a}_j \tilde{X}_j}^{2U} (b^j, b_l^j, b_r^j).$$

$$\theta_{\tilde{a}_j \tilde{X}_j}^{1L} (b^j, b_l^j, b_r^j) = b^j \left(x^{jiL} + (-1)^q \frac{1}{6} x_{M_q}^{jiL} \right) - b_l^j \left(\frac{1}{6} x^{jiL} + (-1)^q \frac{1}{12} x_{M_q}^{jiL} \right),$$

$$\theta_{\tilde{a}_j \tilde{X}_j}^{2L} (b^j, b_l^j, b_r^j) = b^j \left(x^{jiL} + (-1)^p \frac{1}{6} x_{M_p}^{jiL} \right) + b_r^j \left(\frac{1}{6} x^{jiL} + (-1)^q \frac{1}{12} x_{M_p}^{jiL} \right),$$

$$\theta_{\tilde{a}_j \tilde{X}_j}^{1U} (b^j, b_l^j, b_r^j) = b^j \left(x^{jiU} + (-1)^q \frac{1}{6} x_{M_q}^{jiU} \right) - b_l^j \left(\frac{1}{6} x^{jiU} + (-1)^q \frac{1}{12} x_{M_q}^{jiU} \right),$$

$$\theta_{\tilde{a}_j \tilde{X}_j}^{2U} (b^j, b_l^j, b_r^j) = b^j \left(x^{jiU} + (-1)^p \frac{1}{6} x_{M_p}^{jiU} \right) + b_r^j \left(\frac{1}{6} x^{jiU} + (-1)^q \frac{1}{12} x_{M_p}^{jiU} \right),$$

$$q = \begin{cases} 1, & b - b_l \geq 0 \\ 2, & b + b_r < 0 \end{cases}, M_q = \begin{cases} l, & q = 1 \\ r, & q = 2 \end{cases}, p = \begin{cases} 2, & b - b_l \geq 0 \\ 1, & b + b_r < 0 \end{cases}, M_p = \begin{cases} l, & p = 1 \\ r, & p = 2 \end{cases}.$$

Модельные выходные данные можно определять также с помощью множеств α -уровня.

Например, если отрицательное нечеткое число ($b + b_r < 0$), $\Gamma = (a, a_p, a_r)$ неотрицательное число ($a - a_l \geq 0$), то согласно операции умножения для нечетких чисел [4], множество α -уровня $z\Gamma$ имеет вид $[C^1_\alpha, C^2_\alpha]$, где

$$C^1_\alpha = ba + (1 - \alpha)ba_r - (1 - \alpha)b_l a_r - (1 - \alpha)^2 b_l a_r,$$

$$C^2_\alpha = ba + (1 - \alpha)ba_l + (1 - \alpha)b_r a - (1 - \alpha)^2 b_r a_l$$

Если $z \equiv (b, b_p, b_r)$ неотрицательное нечеткое число ($b - b_l \geq 0$), $\Gamma = (a, a_p, a_r)$ неотрица-

эфициенты в виде треугольных чисел (не обязательно симметричные).

Пусть $\tilde{Y}_i, i = \overline{1, n}$ – выходные *IT2 FS*, определенные *LMF* $\underline{\mu}_{\tilde{Y}_i} = (y^{iL}, y_l^{iL}, y_r^{iL}), i = \overline{1, n}$ и *UMF* $\overline{\mu}_{\tilde{Y}_i} = (y^{iU}, y_l^{iU}, y_r^{iU}), y^{iU} - y_l^{iU} \geq 0, i = \overline{1, n}$.

$\tilde{X}_j, j = \overline{1, m}, i = \overline{1, n}$ – входные *IT2 FS*, определенные *LMF* $\underline{\mu}_{\tilde{X}_j} = (x^{jiL}, x_l^{jiL}, x_r^{jiL})$ и *UMF* $\overline{\mu}_{\tilde{X}_j} = (x^{jiU}, x_l^{jiU}, x_r^{jiU}), x^{jiU} - x_l^{jiU} \geq 0, j = \overline{1, m}, i = \overline{1, n}$. *LMF* и *UMF* входных и выходных интервальных нечетких чисел второго типа – треугольные нечеткие числа.

В основе метода лежит нахождение взвешенных отрезков для *LMF* and *UMF* входных и выходных интервальных нечетких чисел второго типа.

Определим взвешенные отрезки $[\theta_{\tilde{Y}_i}^{1L}, \theta_{\tilde{Y}_i}^{2L}], [\theta_{\tilde{Y}_i}^{1U}, \theta_{\tilde{Y}_i}^{2U}]$ для *LMF* и *UMF* модельных выходных данных $\tilde{Y}_i = \tilde{a}_0 + \tilde{a}_1 \tilde{X}_1 + \dots + \tilde{a}_m \tilde{X}_m$, используя методы, разработанные в [4]

тельное число ($a - a_l \geq 0$), то согласно операции умножения для нечетких чисел [4], множество α -уровня $z\Gamma$ имеет вид $[C^1_\alpha, C^2_\alpha]$, где

$$C^1_\alpha = ba - (1 - \alpha)ba_l - (1 - \alpha)b_r a + (1 - \alpha)^2 b_r a_l,$$

$$C^2_\alpha = ba + (1 - \alpha)ba_r + (1 - \alpha)b_l a + (1 - \alpha)^2 b_l a_r$$

Определим взвешенные отрезки $[\theta_{\tilde{Y}_i}^{1L}, \theta_{\tilde{Y}_i}^{2L}], [\theta_{\tilde{Y}_i}^{1U}, \theta_{\tilde{Y}_i}^{2U}]$ для *LMF* и *UMF* исходных выходных данных $\tilde{Y}_i, i = \overline{1, n}$

$$\theta_{\tilde{Y}_i}^{1L} = y^{iL} - \frac{1}{6}y_l^{iL}, \quad \theta_{\tilde{Y}_i}^{2L} = y^{iL} + \frac{1}{6}y_r^{iL},$$

$$\theta_{\tilde{Y}_i}^{1U} = y^{iU} - \frac{1}{6}y_l^{iU}, \quad \theta_{\tilde{Y}_i}^{2U} = y^{iU} + \frac{1}{6}y_r^{iU}.$$

Мера близости между исходными и модельными выходными данными определяется функционалом

$$F(b^j, b_l^j, b_r^j) = \sum_{i=1}^n f^2(\hat{Y}_i, \tilde{Y}_i) = \sum_{i=1}^n \left[(\theta_{\hat{Y}_i}^{1L} - \theta_{\tilde{Y}_i}^{1L})^2 + (\theta_{\hat{Y}_i}^{2L} - \theta_{\tilde{Y}_i}^{2L})^2 \right] + \sum_{i=1}^n \left[(\theta_{\hat{Y}_i}^{1U} - \theta_{\tilde{Y}_i}^{1U})^2 + (\theta_{\hat{Y}_i}^{2U} - \theta_{\tilde{Y}_i}^{2U})^2 \right],$$

$$F(b^j, b_l^j, b_r^j) = \sum_{i=1}^n \left[b^0 - \frac{1}{6}b_l^0 - y^{iL} + \frac{1}{6}y_l^{iL} + \sum_{j=1}^m \theta_{\hat{a}_j, \hat{x}_j}^{1L}(b^j, b_l^j, b_r^j) \right]^2 + \sum_{i=1}^n \left[b^0 + \frac{1}{6}b_r^0 - y^{iL} - \frac{1}{6}y_r^{iL} + \sum_{j=1}^m \theta_{\hat{a}_j, \hat{x}_j}^{2L}(b^j, b_l^j, b_r^j) \right]^2 + \sum_{i=1}^n \left[b^0 - \frac{1}{6}b_l^0 - y^{iU} + \frac{1}{6}y_l^{iU} + \sum_{j=1}^m \theta_{\hat{a}_j, \hat{x}_j}^{1U}(b^j, b_l^j, b_r^j) \right]^2 + \sum_{i=1}^n \left[b^0 + \frac{1}{6}b_r^0 - y^{iU} - \frac{1}{6}y_r^{iU} + \sum_{j=1}^m \theta_{\hat{a}_j, \hat{x}_j}^{2U}(b^j, b_l^j, b_r^j) \right]^2.$$

Оптимизационная задача ставится следующим образом

$$F(b^j, b_l^j, b_r^j) = \sum_{i=1}^n f^2(\hat{Y}_i, \tilde{Y}_i) \rightarrow \min, b_l^j \geq 0, b_r^j \geq 0, j = \overline{0, m}.$$

Так как

$$\theta_{\hat{a}_j, \hat{x}_j}^{1L}(b^j, b_l^j, b_r^j), \theta_{\hat{a}_j, \hat{x}_j}^{2L}(b^j, b_l^j, b_r^j), \theta_{\hat{a}_j, \hat{x}_j}^{1U}(b^j, b_l^j, b_r^j), \theta_{\hat{a}_j, \hat{x}_j}^{2U}(b^j, b_l^j, b_r^j)$$

являются кусочно-линейными функциями в области $b_l^j \geq 0, b_r^j \geq 0, j = \overline{0, m}$, то F является кусочно-дифференцируемой функцией, и решения задачи оптимизации находятся с помощью известных методов [6].

Для оценки надежности разработанной регрессионной модели в работе определяются аналоги стандартного отклонения ($S_{\tilde{y}}$), коэффициента корреляции (HR) и оценки стандартной ошибки (HS_e)

$$S_{\tilde{y}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n f^2(\tilde{Y}_i, \tilde{Y})}, \tilde{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n \tilde{Y}_i}{n},$$

$$HR^2 = \frac{\sum_{i=1}^n f^2(\hat{Y}_i, \tilde{Y})}{\sum_{i=1}^n f^2(\tilde{Y}_i, \tilde{Y})},$$

$$HS = \sqrt{\frac{1}{n-m-1} \sum_{i=1}^n f^2(\hat{Y}_i, \tilde{Y}_i)}$$

Обозначим взвешенные интервалы для LMF and UMF модельных данных $\hat{Y}_i, i = \overline{1, n}$

соответственно через $[C_1^{iL}, C_2^{iL}], [C_1^{iU}, C_2^{iU}], i = \overline{1, n}$. Взвешенные интервалы для LMF and UMF исходных данных $\tilde{Y}_k, k = \overline{1, p}$ соответственно через $[D_1^{iL}, D_2^{iL}], [D_1^{iU}, D_2^{iU}], k = \overline{1, p}$.

Пусть

$$f^2(\hat{Y}_i, \tilde{Y}_k) = (C_1^{iL} - D_1^{kL})^2 + (C_2^{iL} - D_2^{kL})^2 + (C_1^{iU} - D_1^{iU})^2 + (C_2^{iU} - D_2^{iU})^2, i = \overline{1, n}, k = \overline{1, p}.$$

Тогда модельное данное \hat{Y}_i идентифицируется с лингвистическим значением Y_s , если

$$f^2(\hat{Y}_i, \tilde{Y}_s) = \min_k f^2(\hat{Y}_i, \tilde{Y}_k), k = \overline{1, p}.$$

Заключение

В работе разработана нечеткая линейная регрессионная модель. Входные и выходные данные модели представляют собой нечеткие числа второго типа. Основная идея заключается в том, чтобы определить взвешенные отрезки для специального класса интервальных нечетких чисел второго типа, нижней и верхней функциями принадлежности которых являются треугольные числа, и меру близости между двумя интервальными нечеткими числами второго типа на основе этих отрезков. Предложенный метод расширяет группу исходных данных нечетких регрессионных моделей, так как позволяет использовать не только нечеткие числа первого типа, но и интервальные числа второго типа. Для оценки надежности разработанной регрессионной модели в работе определяются аналоги стандартного отклонения, коэффициента корреляции и оценки стандартной ошибки.

Библиографический список

1. F. Liu and J. M. Mendel, "Encoding words into interval Type-2 fuzzy sets using an interval approach", IEEE Trans. Fuzzy Systems, vol. 16, № 6, 2008.
2. O. M. Poleshuk, E. G. Komarov Multiple hybrid regression for fuzzy observed data//
3. Proceedings of the 27th International Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society. – NAFIPS'2008, – New York, New York, May 19–22, 2008.
4. Y.-H.O. Chang, "Hybrid fuzzy least-squares regression analysis and its reliability measures", Fuzzy Sets and Systems, 2001, vol. 119, pp. 225–246.
5. 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.
6. T.F. Coleman, Y. Li, "A reflective newton method for minimizing a quadratic function subject to bounds on some of the variables", SIAM J. Optim, vol. 6, pp. 1040–1058, 1996.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОТСЕКА КАНАЛОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ЗАДАННОЙ ДИСКРЕТНЫМ КАРКАСОМ ОБРАЗУЮЩИХ

Я.А. ГРЯЗНОВ, асп. каф начертательной геометрии черчения МГУЛ

caf-graph@mgul.ac.ru

При конструировании каналовой поверхности, с целью уменьшения сопротивления движению, желательно, чтобы площади поперечных сечений оставались постоянными или изменялись по заданному закону. Такие требования часто предъявляются каналовым поверхностям, предназначенным для транспортировки газа, жидкости и сыпучих материалов. В силу технологических, конструкторских или других ограничений они могут иметь переменные сечения, изменяющие свою форму. В таких местах возникают местные сопротивления, что приводит к увеличению затрачиваемой мощности на их преодоление. Таким образом, возникает задача геометро-динамического проектирования таких трубопроводов.

Для решения этой задачи мы предлагаем использовать преобразования пространства, расслаивающиеся в пучке плоскостей, на эквиформные преобразования как сохраняющие площади соответственных фигур. В этих преобразованиях замкнутые кривые (окружность, эллипс, овал, прямоугольник и т.д.) переходят также в замкнутые кривые более сложной формы, которые удовлетворяют динамическим требованиям к конструкции трубопровода [2].

Построение каналовой поверхности с заданным законом изменения формы и площадей поперечных сечений показан на рис. 1.

Пусть требуется сконструировать (получить математическую модель) каналовую поверхность, удовлетворяющую следующим требованиям:

- ось u каналовой поверхности должна проходить через точки A и B – центры входного и выходного сечений;
- входное сечение a должно быть управляемым и изменять форму;
- выходное сечение b должно быть окружностью.

Для получения математической модели поверхности Φ зададимся инволюци-

онным центральным преобразованием пространства I_{n-n} с несобственным центром F_1^∞ принадлежащим оси Oy . Как известно, такие преобразования имеют инвариантную поверхность Δ^n , порядок n которой равен порядку преобразования.

В плоскости $\Sigma(z=0)$ входного сечения инвариантная парабола $d^2 = \Delta^n \cap \Sigma$ имеет уравнение

$$x^2 = -2py. \quad (1)$$

Поэтому оператор преобразования I_2 имеет вид

$$\begin{aligned} x' &= x, \\ y' &= (-x^2 - py) / p. \end{aligned} \quad (2)$$

В операторе преобразования присутствует один параметр p , управляя которым можно изменять форму входного сечения m .

Выведем уравнение инвариантной кривой \bar{d} инволюции I_2 , возникающей в плоскости $\Gamma = Oyz$ (где $\bar{d} = \Delta^n \cap \Gamma$), отображающей ось u каналовой поверхности, проходящей через точки $A(z_A; y_A)$, $B(z_B; y_B)$ и $C_i((z_A + y_B) / 2; y_{C_i})$ на ось u' поверхности-преобраза (рис. 2).

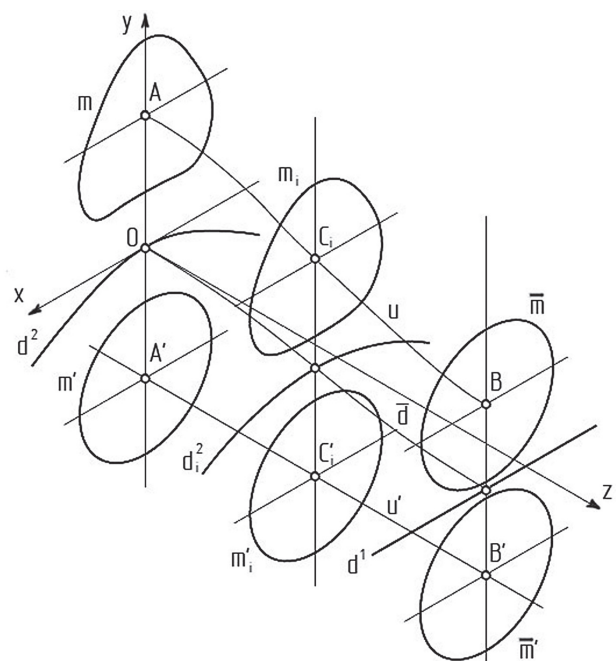


Рис. 1. Построение каналовой поверхности

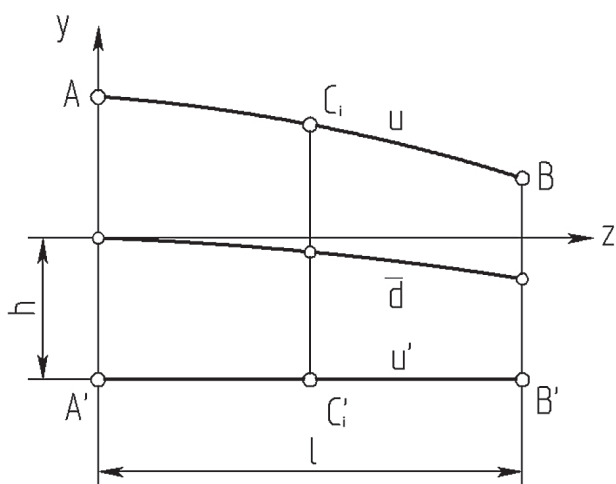


Рис. 2. Конструирование оси каналовой поверхности

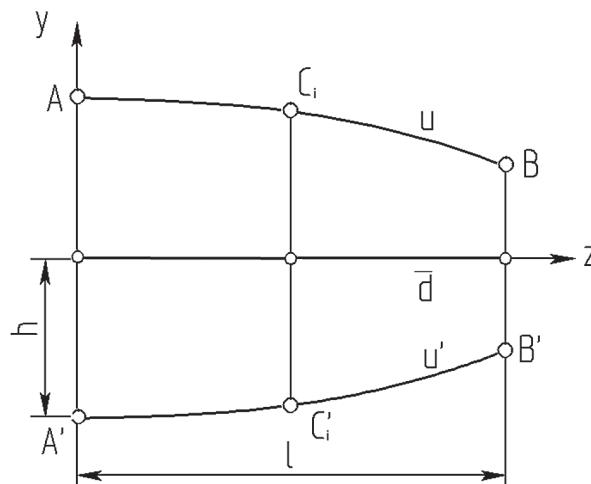


Рис. 3. Конструирование оси каналовой поверхности

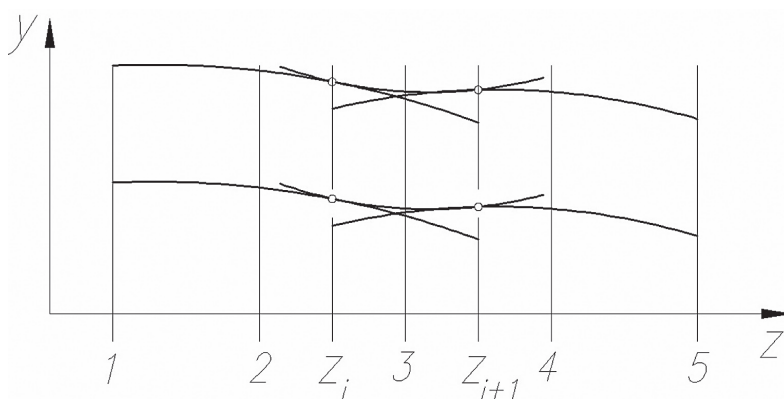


Рис. 4. Дискретный каркас образующих

Пусть u' параллельна оси Oz системы отнесения. Тогда ее уравнение имеет вид

$$y' = -h.$$

Из алгоритма преобразования I_1 следует, что точки кривой \bar{d} являются серединами отрезков $C_i C_i'$, и точки A и A' симметричны относительно начала координат. Отсюда следует

$$y = Az^2 + Bz. \quad (3)$$

Коэффициенты A и B находятся решением системы уравнений. Изменяя координату y_{C_i} , можно управлять формой оси каналовой поверхности.

Выведем уравнение инвариантной поверхности Δ – носителя инвариантных парабол d_i^2 . Поверхность Δ образуется плоскопараллельным движением параболы d_i^2 , вершина которой перемещается по кривой \bar{d} , а параметр изменяется от $-p$ до $-\infty$. График изменения параметра p можно задать равнобочной гиперболой

$$(z + l)y = -pl. \quad (4)$$

Тогда для вывода уравнения инвариантной поверхности Δ подставляем в уравнение (1) параболу, вершина которой перемещается по кривой q (3), вместо фиксированного параметра p его текущее значение, равное y , выраженному из уравнения (4). В итоге получаем

$$x^2 = -(2pl/(z+l))(y - (Az^2 + Bz)). \quad (5)$$

Поверхность Δ полностью определяет искомое преобразование, чей оператор имеет вид

$$\begin{aligned} x' &= x, \\ y' &= (-x^2(z + l) + pl(Az^2 + Bz) - ply) / pl, \\ z' &= z. \end{aligned} \quad (6)$$

В качестве поверхности прообраза Φ' примем цилиндрическую поверхность, образованную плоскопараллельным движением окружности m' , центр которой перемещается по прямой, параллельной оси Oz .

$$(x')^2 + (y' - h)^2 = R^2.$$

Подстановкой в уравнение прообраза Φ' значений x', y', z' из (6) получаем уравнение канальной поверхности в виде

$$\left(\frac{-x^2(z+l) + pl(Az^2 + Bz) - ply - h}{pl} \right)^2 + x^2 - R^2 = 0, \quad (7)$$

где

$$0 \leq x \leq l.$$

Данный способ нахождения математической модели канальной поверхности удобен для построения линий тока.

Рассмотрим задачу в другой постановке. До этого мы задавали поверхность прообраз, и получали инвариантную поверхность. Теперь же зададимся простой инвариантной поверхностью и сначала сконструируем поверхность прообраз.

В плоскости $\Sigma(z=0)$ входного сечения инвариантная парабола $d^2 = \Delta^n \cap \Sigma$ имеет уравнение

$$x^2 = -2py. \quad (8)$$

Поэтому оператор преобразования I_2 имеет вид

$$\begin{aligned} x' &= x, \\ y' &= (-x^2 - py) / p. \end{aligned}$$

Таким образом, управляя параметром p , можно изменять форму входного сечения m .

Уравнение инвариантной прямой \vec{d} , отображающей ось u канальной поверхности проходящей через точки $A(z_A; y_A)$, $B(z_B; y_B)$ и $C_i((z_A + y_B) / 2; y_{C_i})$ на ось u' поверхности-прообраза (рис. 3)

$$y = 0. \quad (9)$$

В качестве оси поверхности прообраза примем параболу второй степени

$$y = Az^2 + Bz + C.$$

Подставив в это уравнение координаты точек A, B, C решаем полученную систему уравнений и определяем коэффициенты A, B и C . Изменяя положение точки C , можно управлять формой оси канальной поверхности.

Инвариантная поверхность Δ образуется плоскопараллельным движением параболы d_i^2 , вершина которой перемещается по прямой \vec{d} , а параметр изменяется от $-p$ до $-\infty$. График изменения параметра p можно задать

любой однозначной функцией, в частности равнобочной гиперболой

$$(z+l)y = -pl. \quad (10)$$

Тогда для вывода уравнения инвариантной поверхности Δ подставляем в уравнение (8) параболы, вершина которой перемещается по прямой \vec{d} (9), вместо фиксированного параметра p его текущее значение, равное y , выраженному из уравнения (10). В итоге получаем

$$x^2 = (-2pl / (z+l)) y. \quad (11)$$

Поверхность Δ определяет искомое преобразование, чей оператор имеет вид

$$\begin{aligned} x' &= x, \\ y' &= (-x^2(z+l) - ply) / pl, \\ z' &= z. \end{aligned} \quad (12)$$

В качестве прообраза Φ' примем поверхность, образованную плоскопараллельным движением окружности m' , центр которой перемещается по кривой u' .

$$(x')^2 + (y' - (Az'^2 + Bz' + C))^2 = R^2.$$

Подстановкой в уравнение прообраза Φ' значений x', y', z' (6) получаем уравнение Φ канальной поверхности в виде

$$\left(\frac{-x^2(z+l) - ply}{pl} - (Az^2 + Bz + C) \right)^2 + x^2 - R^2 = 0, \quad (13)$$

где $0 \leq x \leq l$.

В общем случае канальная поверхность задана большим числом сечений (рис. 4). Выше были рассмотрены способы проведения отсека поверхности через три сечения. Так как поверхность сконструирована по трем сечениям, то в общем случае по потоку наш обвод будет негладким. Поэтому способы сопряжения смежных составляющих отсеков будут рассмотрены в следующих публикациях.

Библиографический список

1. Иванов, Г.С. Конструирование технических поверхностей (математическое моделирование на основе нелинейных преобразований) / Г.С. Иванов. – М.: Машиностроение, 1987. – 192 с.
2. Грязнов, Я.А. Применение эквиформных преобразований для конструирования трубопроводов с заданным законом изменения площади поперечного сечения / Я.А. Грязнов // Основные направления научно-педагогической деятельности факультета ландшафтной архитектуры: Науч. тр. – Вып.348. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2010. – С. 125–129.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ КОМПОНОВКИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ОЦЕНКОЙ СТРУКТУРНОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ И СЛОЖНОСТИ

М.С. УСАЧЕВ, асп. каф. управления автоматизированными производствами лесопромышленного комплекса МГУЛ,

В.А. ДОРОШЕНКО, проф. каф. управления автоматизированными производствами лесопромышленного комплекса МГУЛ, д-р техн. наук

usachev@mgul.ac.ru

Распределенную по уровням систему управления как объект многокритериального синтеза, как объект компоновки технической структуры можно представить в виде отношений между множествами, соответствующих уровням распределенной системы [1]. При этом одним из перспективных способов задания таких отношений являются ори-

ентированные графы, гиперграфы [2, 3], в которых вершины соответствуют техническим устройствам уровней системы, а ребра (дуги) – связям между устройствами, соответствующих уровней. Графы, сохраняя наглядность связей между устройствами уровней, позволяют с помощью формальных алгоритмов преобразований перейти к своим матричным

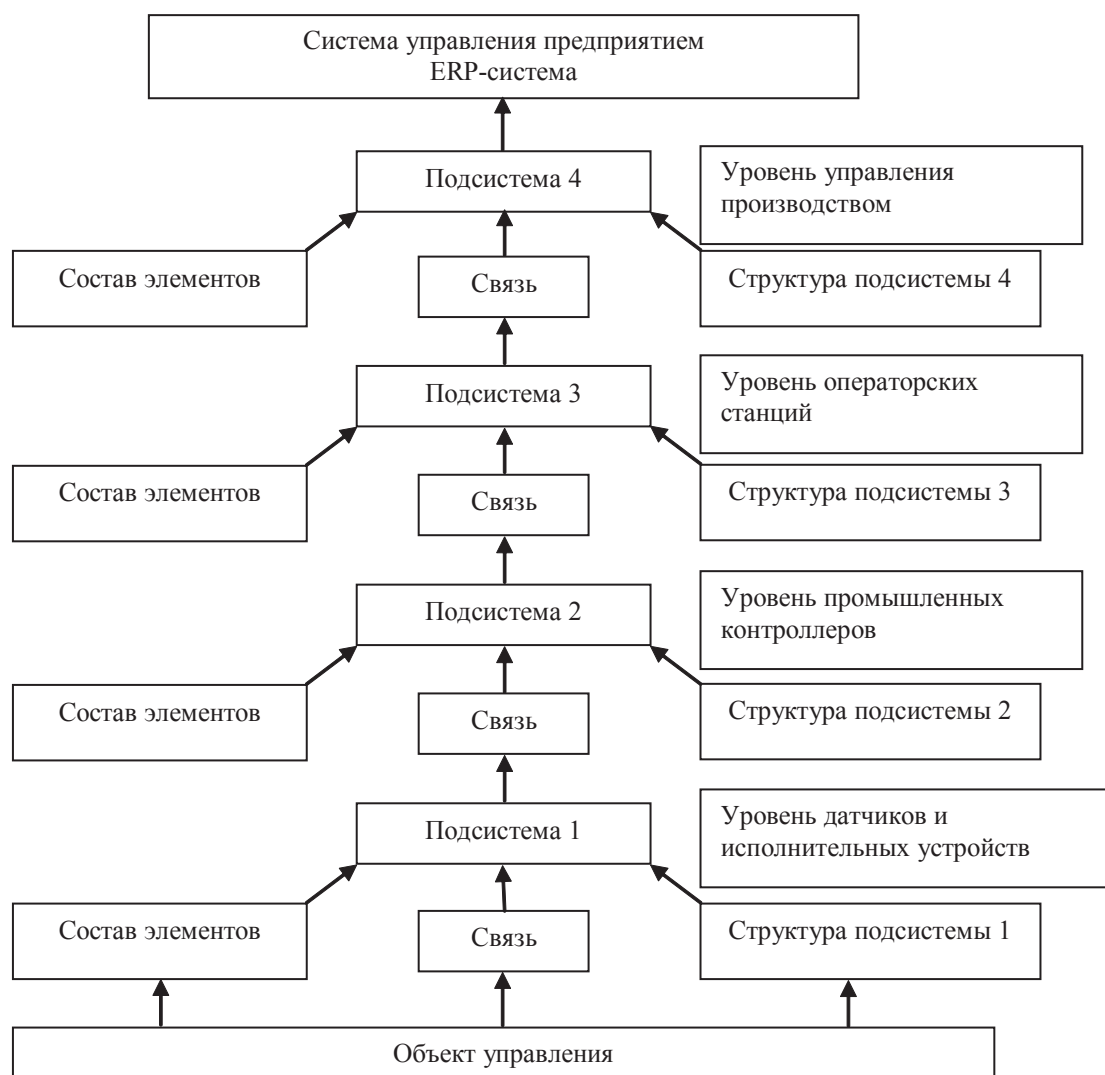


Рис. 1. Структурная модель распределенной по уровням системы управления

эквивалентам в виде матриц смежности, инцидентий, в виде композиций матриц гиперграфов, что в итоге дает возможность перехода к различным количественным оценкам вариантов компоновки на основе вычислительных процедур над матрицами с широким применением компьютерных технологий. Каждый вариант компоновки имеет различные технико-экономические показатели, показатели избыточности и сложности. В работе предложено математическое описание компоновки в виде ориентированных графов и гиперграфов и способов количественной структурной избыточности и сложности с целью на ранней стадии компоновки оценить качество структуры системы с позиции системного подхода.

Структурная модель распределенной системы управления [1] представлена в виде подсистем, соответствующих уровням (рис.1), начиная с уровня датчиков и исполнительных устройств и кончая уровнем управления производством с выходом на интегрированную систему управления предприятием (ERP-система), которая объединяет информационное пространство подсистем с целью повышения эффективности управления предприятия в целом. Каждая подсистема включает структуру, состав элементов (устройств) и связи, горизонтальные и вертикальные.

Представленную структурную модель можно описать в виде графа (рис. 2), где 1, 3 – датчики; 2, 4 – исполнительные устройства; 5, 6 – контроллеры; 7, 8 – операторские станции; 9, 10 – локальные вычислительные сети (ЛВС); 11 – ERP. Представленный граф показывает все возможные связи между устройствами на каждом уровне, горизонтальные связи в виде смежных вершин графа (5–10) и вертикальные связи между устройствами уровней в виде ребер графа. Одной из оценок эффективности структуры распределенной системы управления на ранней стадии ее компоновки является структурная избыточность, которая основана на связности устройств ориентированных графов и оценивает число связей в структуре и дает косвенную оценку экономичности и надежности синтезируемых систем, позволяет выбрать вариант с максимально необходимыми связями между устройствами.

Связность устройств в структуре систем определяется матрицей смежности ориентированного графа $A_c = \|a_{ij}\|_{n \times m}$, n – число строк и столбцов, элементы матрицы

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ если вершина } X_i \text{ соединена} \\ \text{с вершиной } j \text{ ребром} \\ 0, \text{ в противном случае} \end{cases}. \quad (1)$$

Матрица смежности для мультиграфа

$$a_{ij} = \begin{cases} g, \text{ если вершина } X_i \text{ соединена} \\ \text{с вершиной } X_j \text{ } g \text{ ребрами} \\ 0, \text{ в противном случае} \end{cases}. \quad (2)$$

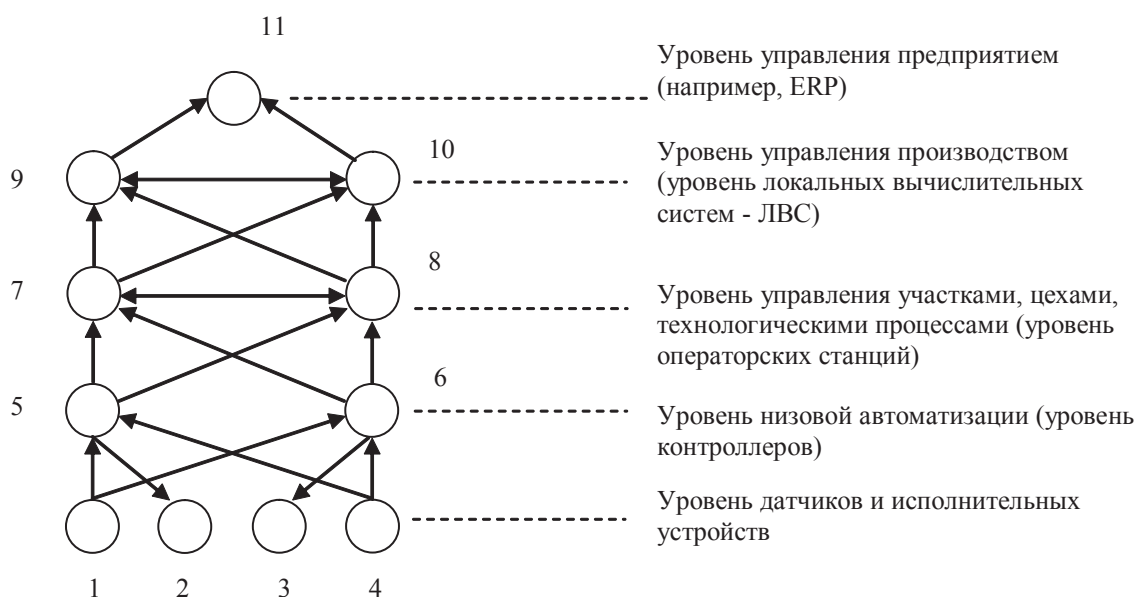


Рис. 2. Исходная структура распределенной системы управления в виде графа

Показатель избыточности ориентированного графа определяется на основе матрицы смежности (1, 2)

$$K_H = \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} \right) \cdot \frac{1}{n-1} - 1. \quad (3)$$

Для количественной оценки структурной избыточности (параметрическая избыточность рассмотрена в работе [4]) исходный граф (рис. 2) преобразован в ориентированный граф с преобразованными смежными вершинами (рис. 3) [5].

Матрица смежности A_{C1} для такого варианта ориентированного графа (варианта компоновки) с числом связей между вершинами (устройствами) определяет 30 связей, при этом показатель избыточности в соответствии с (3) равен 0,875.

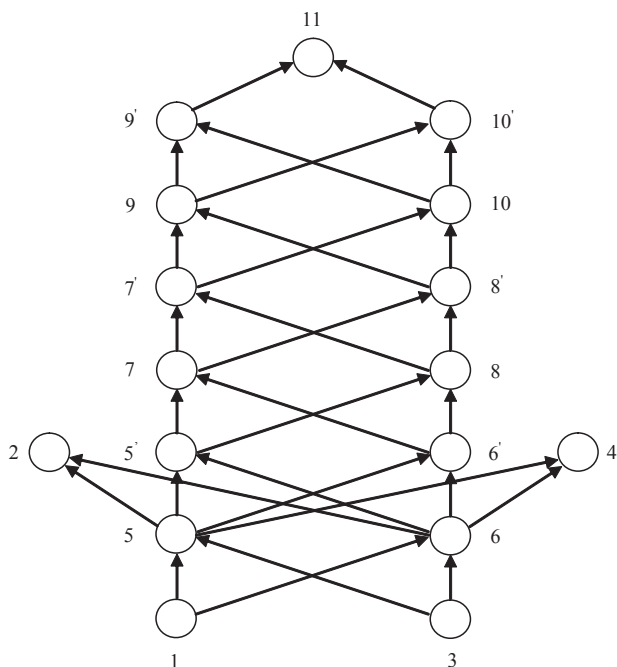


Рис. 3. Ориентированный граф с преобразованными смежными вершинами: 5',6',7',8',9',10'

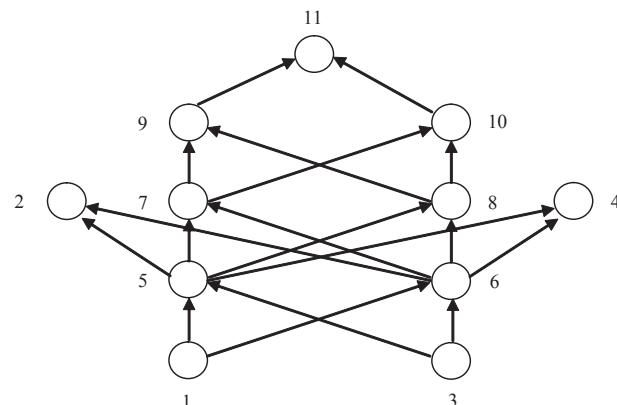


Рис. 4. Ориентированный граф без смежных вершин (без горизонтальных связей между устройствами)

нами (устройствами) определяет 30 связей, при этом показатель избыточности в соответствии с (3) равен 0,875.

	1	2	3	4	5	5'	6	6'	7	7'	8	8'	9	9'	10	10'	11	
1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
5'	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
6	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
6'	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
7'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
8'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
9'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
10'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$$K_H = \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} \right) \cdot \frac{1}{n-1} - 1 = \frac{30}{17-1} - 1 = 1,875 - 1 = 0,875$$

Для варианта структуры распределенной системы без горизонтальных связей между устройствами на каждом уровне, без смежных вершин, ориентированный граф представлен на рис. 4.

Матрица смежности для ориентированного графа без смежных вершин (рис.4)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	4
6	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	4
7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Число связей между вершинами равно 18, показатель избыточности в соответствии с (3) равен 0,8.

Ориентированный граф для варианта компоновки структуры без смежных вершин и перекрестных связей между вершинами (ус-

тройствами) представлен на рис. 5, что соответствует автономно работающим каналам устройств распределенных систем управления.

Число связей между вершинами матрицы – A_{C3} равно 10, показатель избыточности, в соответствии с (3), равен 0. Вариант структуры является безизбыточным, т.е. оптимальным с точки зрения данного показателя, в реальных условиях выбор вариантов является многокритериальным, в данном случае необходимо сделать количественную оценку по показателю структурной сложности.

Матрица смежности для ориентированного графа (рис. 5)

$$A_{C3} = \begin{array}{c|cccccccccccc|c} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \hline 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \hline 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 5 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ \hline 6 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ \hline 7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ \hline 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ \hline 9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & \\ \hline 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & \\ \hline 11 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

Для этого необходимо ориентированный граф на рис. 3 преобразовать в ориентированный граф (рис. 6) с фиксированными вершинами для преобразования смежных вершин (5', 6', 7', 8', 9', 10') и фиктивными вершинами для формирования уровней (K_7-K_8) ориентированного графа распределенной системы управления. Количественная оценка структурной сложности определяется исходя из числа связей прохождения информации от устройств первого уровня (от висячих вершин 1, 3 ориентированного графа) до устройств уровня управления производством и предприятием (тупиковые вершины 2, 11, 4 ориентированного графа). Показатель сложности определяется в соответствии с выражением [1, 6]

$$K_C = \frac{1}{m_1 \cdot m_2} \sum_{i=1}^{m_1} \sum_{j=1}^{m_2} \rho_{ij} - 1, \quad (4)$$

где m_1 – число висячих вершин;
 m_2 – число тупиковых вершин;
 ρ_{ij} – число путей, ведущих от i -ой висячей вершины в j -ю тупиковую вершину.

Вычислительная процедура в соответствии с (4) заключается в следующем:

1. На основе ориентированного графа (рис. 6) формируется композиция гиперграфов для уровней графа

$$\begin{aligned} \Gamma_1 &= \{K_1, K_2\}, K_1 = \{1, 3\}, K_2 = \{5, 6\} \\ \Gamma_2 &= \{K_2, K_3\}, K_2 = \{5, 6\}, K_3 = \{5', 6', 12, 17\} \\ \Gamma_3 &= \{K_3, K_4\}, K_3 = \{5', 6', 12, 17\}, K_4 = \{7, 8, 13, 18\} \\ \Gamma_4 &= \{K_4, K_5\}, K_4 = \{7, 8, 13, 18\}, K_5 = \{7', 8', 14, 19\} \\ \Gamma_5 &= \{K_5, K_6\}, K_5 = \{7', 8', 14, 19\}, K_6 = \{9, 10, 15, 20\} \\ \Gamma_6 &= \{K_6, K_7\}, K_6 = \{9, 10, 15, 20\}, K_7 = \{9', 10', 16, 21\} \\ \Gamma_7 &= \{K_7, K_8\}, K_7 = \{9', 10', 16, 21\}, K_8 = \{2, 4, 11\} \end{aligned}$$

2. Формируются матрицы инцидентности $M_{\Gamma} = |a_{ij}|$ для гиперграфов $\Gamma_1-\Gamma_7$ в соответствии с выражением

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } X_i^k \in X_j^{k+1} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

где k – уровни ориентированного графа (рис. 6).

$$\begin{aligned} M_{\Gamma_1} &= |K_1 \times K_2| = \begin{array}{cc|cc} & 5 & 6 & \\ \hline 1 & 1 & 1 & \\ \hline 3 & 1 & 1 & \end{array} \\ M_{\Gamma_2} &= |K_2 \times K_3| = \begin{array}{ccc|ccc} & 5' & 6' & 12 & 17 & \\ \hline 5 & 1 & 1 & 1 & 1 & \\ \hline 6 & 1 & 1 & 1 & 1 & \end{array} \\ M_{\Gamma_3} &= |K_3 \times K_4| = \begin{array}{ccc|ccc} & 7 & 8 & 13 & 18 & \\ \hline 5' & 1 & 1 & 0 & 0 & \\ \hline 6' & 1 & 1 & 0 & 0 & \\ \hline 12 & 0 & 0 & 1 & 0 & \\ \hline 17 & 0 & 0 & 0 & 1 & \end{array} \\ M_{\Gamma_4} &= |K_4 \times K_5| = \begin{array}{ccc|ccc} & 7' & 8' & 14 & 19 & \\ \hline 7 & 1 & 1 & 0 & 0 & \\ \hline 8 & 1 & 1 & 0 & 0 & \\ \hline 13 & 0 & 0 & 1 & 0 & \\ \hline 18 & 0 & 0 & 0 & 1 & \end{array} \end{aligned}$$

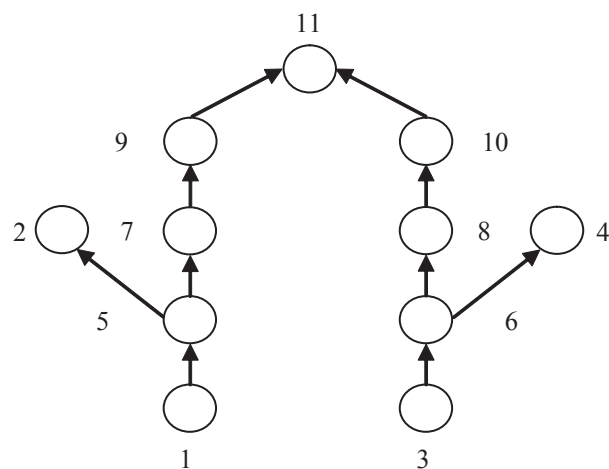


Рис. 5. Ориентированный граф без смежных вершин и перекрестных связей между вершинами

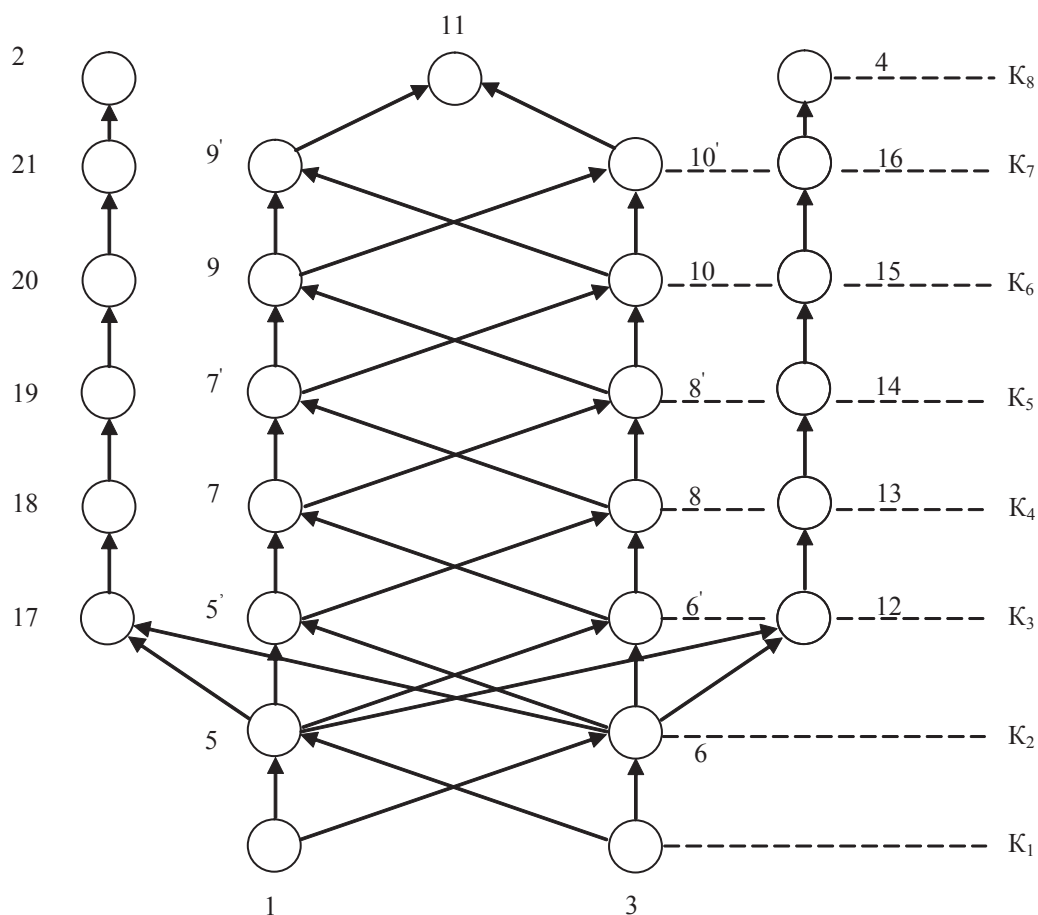


Рис. 6. Преобразованный ориентированный граф распределенной системы управления: 5',6',7',8',9',10' – фиктивные вершины для преобразования смежных вершин 5÷10; 12–21 – фиктивные вершины для формирования уровней ориентированного графа $K_1 \div K_8$

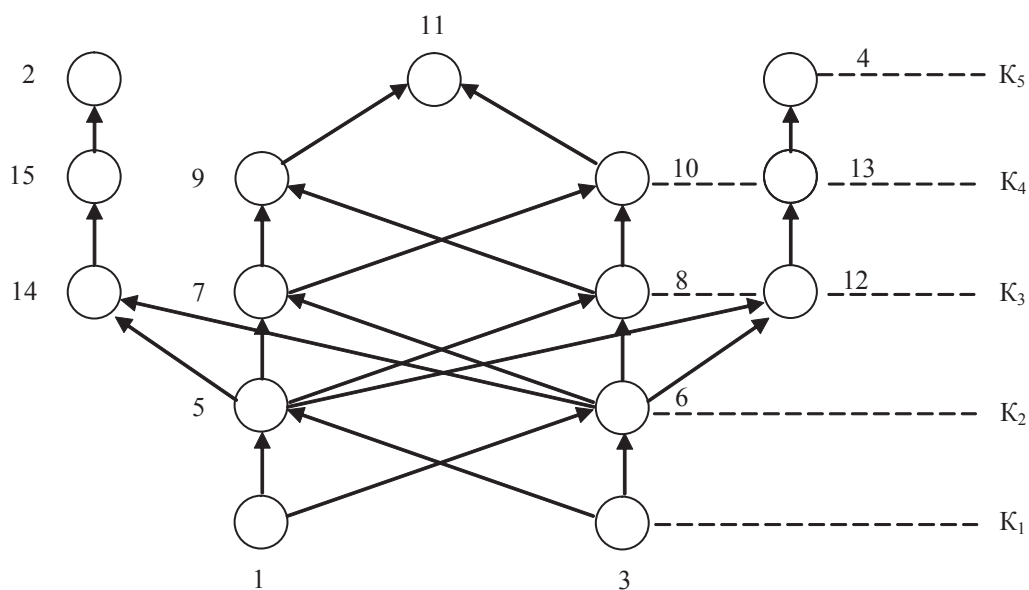


Рис. 7. Преобразованный ориентированный граф без смежных вершин, с фиктивными вершинами (12–15) для формирования уровней графа

$$M_{\Gamma_5} = |K_5 \times K_6| = \begin{pmatrix} 9 & 10 & 15 & 20 \\ 7 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 14 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 19 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

$$M_{\Gamma_6} = |K_6 \times K_7| = \begin{pmatrix} 9 & 10 & 16 & 21 \\ 9 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 15 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 20 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

$$M_{\Gamma_7} = |K_7 \times K_8| = \begin{pmatrix} 2 & 4 & 11 \\ 9 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 16 & 0 & 1 & 0 \\ 21 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Выполняется умножение матриц инцидентности гиперграфов

$$M_{\Gamma} = M_{\Gamma_1} \times M_{\Gamma_2} \times M_{\Gamma_3} \times M_{\Gamma_4} \times M_{\Gamma_5} \times M_{\Gamma_6} \times M_{\Gamma_7} = \begin{pmatrix} 2 & 4 & 11 \\ 1 & 2 & 2 & 12 \\ 3 & 2 & 2 & 12 \end{pmatrix}$$

где $\rho_{1,2} = 2; \rho_{1,4} = 2; \rho_{1,11} = 12; \rho_{3,2} = 2; \rho_{3,4} = 2; \rho_{3,11} = 12; m_1 = 2; m_2 = 3$.

В соответствии с (4) показатель сложности такого варианта структуры распределенной системы равен

$$K_c = 1/6(2 + 2 + 12 + 2 + 2 + 12) - 1 = 4,33$$

Ориентированный граф без смежных вершин 5,6,7,8,9,10 для распределенной системы без горизонтальных связей между устройствами внутри уровней представлен на рис.7.

Композиция гиперграфов для ориентированного графа на рис.7.

$$\Gamma_1 = \{K_1, K_2\}, K_1 = \{1,3\}, K_2 = \{5,6\}; \Gamma_2 = \{K_2, K_3\}, K_2 = \{5,6\}, K_3 = \{7,8,12,14\}; \Gamma_3 = \{K_3, K_4\}, K_3 = \{7,8,12,14\}, K_4 = \{9,10,13,15\}; \Gamma_4 = \{K_4, K_5\}, K_4 = \{9,10,13,15\}, K_5 = \{2,4,11\}.$$

Матрицы гиперграфов

$$M_{\Gamma_1} = |K_1 \times K_2| = \begin{pmatrix} 5 & 6 \\ 1 & 1 \\ 3 & 1 & 1 \\ 7 & 8 & 12 & 14 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 6 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 9 & 10 & 13 & 15 \\ 7 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 12 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 14 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

$$M_{\Gamma_4} = |K_4 \times K_5| = \begin{pmatrix} 2 & 4 & 11 \\ 9 & 0 & 0 & 1 \\ 10 & 0 & 0 & 1 \\ 13 & 0 & 1 & 0 \\ 15 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Результат умножения матриц $M_{\Gamma_1} \div M_{\Gamma_4}$

$$M_{\Gamma} = M_{\Gamma_1} \times M_{\Gamma_2} \times M_{\Gamma_3} \times M_{\Gamma_4} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 & 6 \\ 3 & 2 & 2 & 6 \\ \rho_{1,2} = 2; \rho_{1,4} = 2; \rho_{1,11} = 6; \rho_{3,2} = 2; \rho_{3,4} = 2; \rho_{3,11} = 6; m_1 = 2; m_2 = 3 \end{pmatrix}$$

Показатель сложности в соответствии с (4) равен $K_c = 2,3$.

Если между каналами распределенной системы управления нет горизонтальных перекрестных связей (рис. 5), то показатель сложности будет меньше нуля. Физически это означает что два канала подсистем системы (рис. 1) функционируют параллельно с замыканием на систему ERP. Под каналом понимается структура, включающая датчики, исполнительные устройства, контроллер, операторскую станцию, локальную вычислительную сеть, с отдельным подключением к системе ERP.

Автономная структура канала (рис. 8) характеризуется показателем сложности равным нулю ($K_c = 0$).

Композиция гиперграфов

$$\Gamma_1 = \{K_1, K_2\}, K_1 = \{1\}, K_2 = \{5\}; \Gamma_2 = \{K_2, K_3\}, K_2 = \{5\}, K_3 = \{7,14\}; \Gamma_3 = \{K_3, K_4\}, K_3 = \{7,14\}, K_4 = \{9,15\}; \Gamma_4 = \{K_4, K_5\}, K_4 = \{9,15\}, K_5 = \{2,11\}.$$

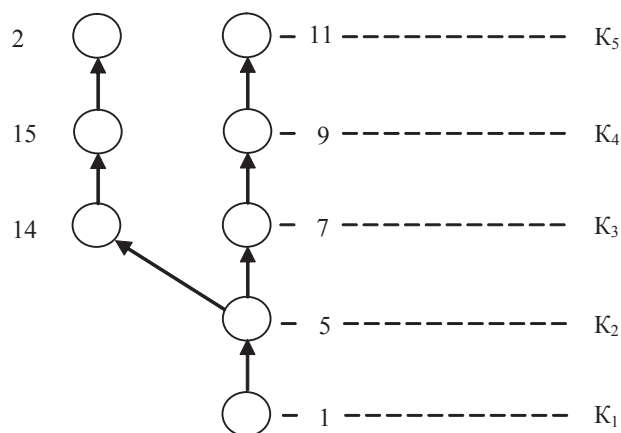


Рис. 8. Ориентированный граф автономной структуры канала распределенной системы управления

Матрицы гиперграфов

$$M_{\Gamma_1} = |K_1 \times K_2| = \begin{pmatrix} 5 & 7 & 14 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, M_{\Gamma_2} = |K_2 \times K_3| = \begin{pmatrix} 9 & 15 & 2 & 11 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix},$$

$$M_{\Gamma_3} = |K_3 \times K_4| = \begin{pmatrix} 7 & 1 & 0 & 1 \\ 14 & 0 & 1 & 15 \end{pmatrix}, M_{\Gamma_4} = |K_4 \times K_5| = \begin{pmatrix} 9 & 0 & 1 \\ 15 & 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

Произведение матриц

$$M_{\Gamma} = M_{\Gamma_1} \times M_{\Gamma_2} \times M_{\Gamma_3} \times M_{\Gamma_4} = \begin{pmatrix} 2 & 11 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\rho_{1,2} = 1; \rho_{1,11} = 1; m_1 = 1; m_2 = 3, K_c = 0$$

С точки зрения оценки показателя сложности этот вариант является оптимальным. Следует отметить, что и показатель избыточности для такого варианта (рис.8) равен нулю.

Предложенный метод описания структуры компоновки распределенной системы управления и способы количественной оценки структурной избыточности и сложности в комплексе с технико-экономическими показателями эффективности используются для многокритериального синтеза систем.

Библиографический список

1. Дорошенко, В.А. Анализ методов выбора вариантов для структурного синтеза распределенных систем управления / В.А. Дорошенко, Л.В. Друк, М.С. Усачев // сб. науч. тр. – Вып. 353. – М.: МГУЛ, 2011 – С. 106–116.
2. Курейчик, В.М. Дискретная математика. Ч. 3. Оптимизационные задачи на графах / В.М. Курейчик. – Таганрог: ТРТУ, 1998. – 352 с.
3. Гладков, Л.А. Генетические алгоритмы / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 368 с.
4. Усачев, М.С. Количественная оценка избыточности структур распределенных систем управления / М.С. Усачев, В.А. Дорошенко // Технология и оборудование для переработки древесины. Сб. науч. тр. – Вып. 358 – М.: МГУЛ, 2012. – С. 108–114.
5. Дорошенко, В.А. Математическое описание компоновки технологической структуры первичной обработки древесного сырья / В.А. Дорошенко, Л.В. Друк // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2010 – №5 (74). – С. 178–185.
6. Дорошенко, В.А. Синтез технологической структуры автоматизированных технологических процессов первичной обработки древесины: Монография / В.А. Дорошенко. – Красноярск: КГТА, 1996. – 299 с.

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ КОНСТРУИРОВАНИЯ ОСИ ДИНАМИЧЕСКОГО ТРУБОПРОВОДА

В.С. ГОРЯЧЕВСКИЙ, *асп. каф. начертательной геометрии черчения МГУЛ*

caf-graph@mgul.ac.ru

Свойства трубопровода, предназначенного для перемещения сыпучих материалов, жидкости и газа с дозвуковыми скоростями, во многом зависит от свойств его оси. Так, например, наименьшее сопротивление имеют тройники с боковыми ответвлениями в виде плавных обводов [1].

Поэтому обеспечение плавности слияния потоков является основной задачей в конструировании разветвляющихся трубопроводов. Решение этой задачи требует исследования теоретико-конструктивных вопросов проектирования осей трубопроводов как пространственных кривых линий в виде одномерных гладких обводов. Приходится учитывать влияние геометрических характеристик осей на динамику движущихся частиц. Такие же обводы применяются при конструировании автомобильных и железных дорог, спортив-

ных сооружений типа трамплинов, велотреков, санно-бобслейных трасс и т.д.

Для конструирования плавного сопряжения осей трубопровода необходимо использовать такие кривые, которые содержат меньше экстремальных точек и точек перегиба. Лучше всего для этого подходят кривые нулевого жанра – рациональные кривые [2].

Среди рациональных кривых особое внимание следует уделить циркулярным кривым. У циркулярных рациональных кривых по сравнению с рациональными кривыми того же порядка графики изменения первых и вторых производных вдоль кривой будут более монотонными [2], а значит обводы, состоящие из таких кривых, будут более динамичными.

Исходя из решаемой прикладной задачи, необходимо задать ось трубопровода упорядоченным массивом точек $A_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$

с фиксированными в них касательными t_i , моделирующими направление движения потока. В связи с этим основную задачу проектирования осей можно сформулировать следующим образом: даны две скрещивающиеся прямые a_i, a_{i+1} с принадлежащими им точками $A_i \in a_i, A_{i+1} \in a_{i+1}$, требуется построить дугу рациональной алгебраической кривой $m = (A_i A_{i+1})$ минимально возможного порядка, соприкасающуюся с прямыми a_i, a_{i+1} в данных точках по первому или второму порядку гладкости.

В планиметрии простейшим способом сопряжения двух компланарных прямых является обвод первого порядка гладкости с составляющей в виде дуги окружности (рис. 1).

Распространенным является инженерный способ составления пространственных обводов, когда их проекции конструируются независимо друг от друга. Такой подход имеет главное достоинство – простоту конструирования, так как составление пространственного обвода сводится к независимому конструированию двух плоских обводов – проекций [3]. Для получения обвода первого порядка гладкости используется кривая второго порядка (рис. 2).

Так как проекции c_1^2, c_2^2 составляющей c^4 кривые порядков $n_1 = 2$ и $n_2 = 2$, то порядок составляющей c^4 равен $n_1 \cdot n_2 = 4$ [3]. Однако построить обвод первого порядка гладкости можно кривой с меньшим порядком. Т.И. Миролубова [3] для сопряжения скрещивающихся прямых использует дугу кубической окружности. Метод основан на пересечении двух конических поверхностей с общей образующей, при этом составляющей обвода является кривая третьего порядка.

Для построения обвода второго порядка гладкости необходимо обеспечить трехточечное касание проекций составляющей с проекциями скрещивающихся прямых в стыковых точках. В качестве проекций составляющей возьмем циркулярные кубики c_1^3, c_2^3 с изолированными точками и потребуем, чтобы кубики касались проекций данных прямых в точках перегиба (рис. 3). Полученная в результате пространственная кривая будет рациональной циркулярной кривой девятого порядка [3]. Такая составляющая имеет достаточно высокий порядок для применения ее в инженерной практике, так как с уве-

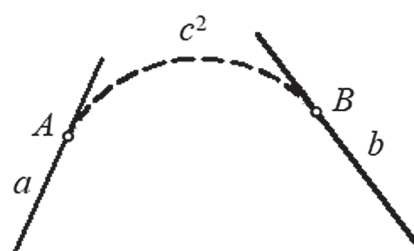


Рис. 1. Сопряжение компланарных прямых дугой окружности

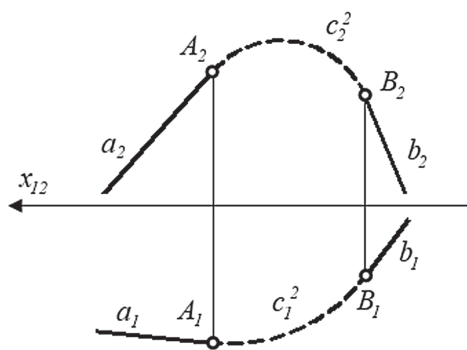


Рис. 2. Конструирование пространственного обвода первого порядка гладкости кривой четвертого порядка

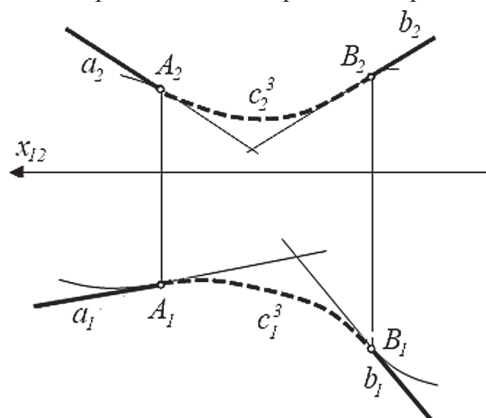


Рис. 3. Конструирование пространственного обвода второго порядка гладкости кривой девятого порядка

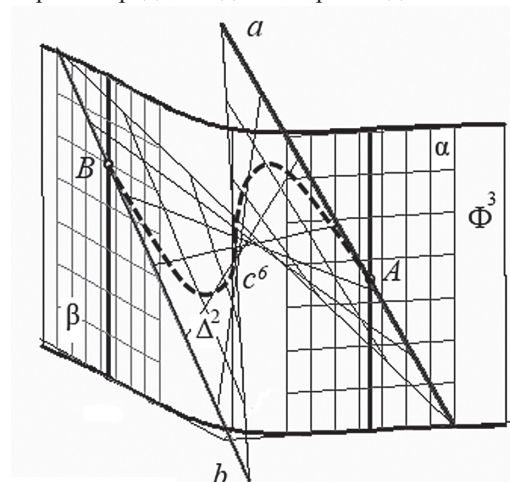


Рис. 4. Конструирование пространственного обвода второго порядка гладкости кривой шестого порядка

личением порядка составляющей ухудшаются динамические свойства обвода, появляются лишние перемены знаков кручения и кривизны, увеличивается диапазон изменения их значений. Задачей является разработка способа построения динамического обвода с составляющей меньшего порядка.

Эту задачу можно решить, если составляющую получать как линию пересечения линейчатых поверхностей третьего Φ^3 и второго Δ^2 порядков (рис. 4).

Поверхность Φ^3 – горизонтально проектирующий цилиндр с направляющей гиперциссоидой, Δ^2 – гиперболический параболоид, заданный направляющими a, b и взаимно однозначным соответствием, установленным между их точками. Прямые a, b принадлежат касательным к Φ^3 плоскостям α и β соответственно. Полученная в результате их пересечения кривая c^6 имеет шестой порядок и является составляющей обвода второго порядка гладкости. Если взять в качестве поверхности Δ^2 гиперболический параболоид с образующей на Φ^3 , то можно сократить порядок образующей до пятого.

Более сложную задачу представляет конструирование плоского обвода, заданного упорядоченным массивом точек с фиксированными в них касательными и кругами кривизны. Построить такой обвод можно, используя криволинейные преобразования плоскости с совпавшими F -точками. В качестве

примера рассмотрим применение квадратичной инволюции I_2 для построения составляющей c обвода между двумя смежными точками A, B с заданными в них касательными t_A, t_B и кругами кривизны p_A, p_B (рис. 5).

С точкой A совмещен центр $F_1 = F_2 = F_3$ квадратичной инволюции I_2 , для которой круг кривизны p_A является предельной окружностью. В полученной инволюции I_2 строим образ B' точки B . Кругу кривизны p_B будет соответствовать некоторая кривая четвертого порядка $p_{B'}^4$. С целью упрощения построений кривую $p_{B'}^4$ аппроксимируем дугой окружности. Для этого на окружности p_B в окрестности точки B возьмем две точки $1, 2$. Определяем образы точек $1', 2'$ и B' . Через эти три точки строим окружность $\bar{p}_{B'}$, которая аппроксимирует кривую $p_{B'}^4$. Дуге $B'T'$, T' – точка пересечения окружности $\bar{p}_{B'}$ с осью Oy , в квадратичной инволюции I_2 соответствует кривая четвертого порядка c^4 – искомая составляющая обвода. При этом из двух точек пересечения окружности $\bar{p}_{B'}$ с осью Oy выбирается та, которая лежит на образе конструируемого обвода.

Если к окружности $\bar{p}_{B'}$ в точке B' провести касательную $t_{B'}$, то аппроксимирующую окружность можно задать касательной $t_{B'}$ и двумя точками. Одной из которых будет B' , а второй K' – образ некоторой точки K . Положение точки K выбираем из условия ее принадлежности к искомой составляющей обвода. Вариативность выбранной точки K дает возможность управлять формой составляющей.

Применяя такой алгоритм для построения составляющих между точками массива, получим конструируемый обвод.

Библиографический список

1. Идельчик, И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И.Е. Идельчик; Под ред. М.О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.
2. Иванов, Г.С. Конструирование технических поверхностей (математическое моделирование на основе нелинейных преобразований) / Г.С. Иванов. – М.: Машиностроение, 1987. – 192 с.
3. Миролюбова, Т.И. Геометрические модели фасонных элементов однорукавных каналовых поверхностей. автореферат дисс. ... канд. техн. наук: 05.01.01 / Т.И. Миролюбова. – М., 2004. – 149 с.

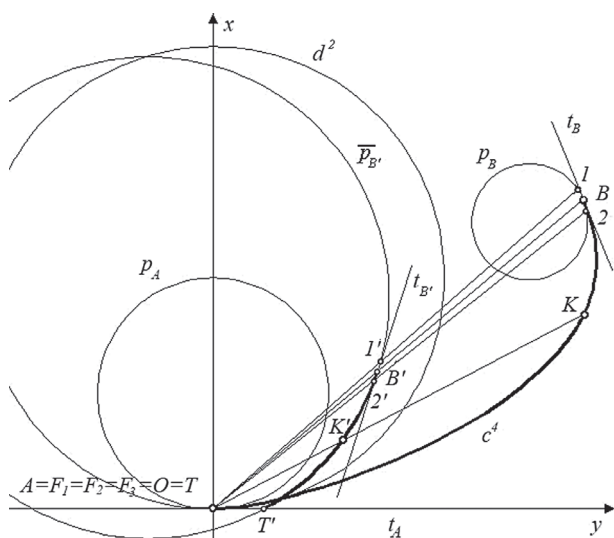


Рис. 5. Конструирование динамического обвода с использованием квадратичной инволюции

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ НЕОКОНСЕРВАТИВНОЙ МОДЕЛИ ЭКОНОМИКИ НА ПРИМЕРЕ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КЛАСТЕРА ФИНЛЯНДИИ

А.А. НАРЫШКИН, *начальник экономического отдела Торгового представительства Российской Федерации в Финляндии,*

А.Е. ТЮРИН, *консультант оперативного отдела Торгового представительства Российской Федерации в Финляндии, канд. эконом. наук*

vneshtorg.vesfin@rustrade.inet.fi

Экономическое развитие – основа функционирования любой страны. В связи с проводимой политикой модернизации экономической жизни в Российской Федерации и состоявшемся после долгого переговорного процесса присоединения к ВТО в нашей стране наступает этап переосмысления особенностей функционирования различных отраслей экономики. В данной статье хотелось бы подробнее остановиться на опыте функционирования лесопромышленного кластера Финляндии, формировавшегося на основе многолетней консервативной политики данной страны.

Скандинавская модель государства и экономики предполагает одну общую константу – государство благоденствия с ярко выраженными чертами институционализации всех сфер жизни человека.

Формирование особого североевропейского пути общественного развития стало возможным благодаря сочетанию комплекса теоретических, идеологических, политических и экономических предпосылок внутреннего и внешнего характера. Теоретически она исходит из того факта, что у рынка со стихийными механизмами регулирования есть недостатки, которые можно компенсировать при помощи социальной инженерии, государственного регулирования и общественного сектора экономики (Идеологически Скандинавская модель государства и экономики опирается на социал-демократические идеи, доктрину социальной инженерии (Гуннар Мюльдар), концепцию «Народного дома», выдвинутую шведской социал-демократией. Инновационная направленность экономики получила обоснование в теоретических конструкциях Б.О. Лундвалля (национальная инновационная система) и К. Согнера (инновационная культура)).

В экономическом отношении североевропейская модель развития состоит в создании экономики смешанного типа, развитие которой происходит при функционировании производства на основе рыночных отношений, а распределение – с учетом социальных требований. В основе заложена идея о том, что производить должны предприниматели, а регулировать – государство, но с учетом минимизации отрицательных социальных последствий рыночных отношений, то есть с максимальным учетом интересов граждан.

В 2012 г. в экономической истории нашей страны произошел переломный момент: со вступлением России в ВТО завершился более чем 18-летний переговорный период. В нашем случае цель российских переговорщиков состояла в том, чтобы постараться обеспечить максимально приемлемые для страны условия присоединения. И, по мнению многих экспертов, нам это удалось. Перечень уступок и обязательств России по товарам представляет собой консолидацию результатов двусторонних и многосторонних, включая ЕС, переговоров по доступу на рынки товаров. Он охватывает 11 567 тарифных линий. Хотелось бы отметить, что Россия, являясь членом ВТО, будет активно использовать возможности для недискриминационного регулирования рынков товаров и услуг (техническое регулирование, лицензирование, контроль качества и др.). В рамках организации также предусмотрены механизмы использования защитных мер в торговле (антидемпинговые, компенсационные и т.д.).

Главная цель нашего вступления в ВТО – создать конкурентную среду на отечественном рынке и таким образом повысить эффективность национальной экономики, открывая

рынок для прогрессивных технологий. При этом жизнь в новых условиях потребует тщательного изучения опыта функционирования отраслей экономики и промышленности в тех странах, чьи экономики на протяжении многих лет работают в условиях членства в ВТО и полного соблюдения правил данной организации. Вместе с тем, в России проводится политика модернизации экономики страны, ориентированная на то, чтобы в короткое время повысить конкурентоспособность в тех отраслях промышленности, где у нашей страны уже имеются перспективные наработки.

Обратимся к опыту наших соседей. Так, в условиях международного разделения труда страны Северной Европы сделали акцент на развитие тех отраслей экономики, в которых уже имелись перспективные наработки, с тем чтобы достичь структурных сдвигов, направленных на достижение глобальной конкурентоспособности. Так, Финляндия добилась наиболее заметных успехов в сфере телекоммуникаций, информационных технологий и арктическом судостроении, а также производстве грузоподъемного (в т.ч. портового) оборудования. При этом данные отрасли предполагают взаимодействие целого ряда машиностроительных и приборостроительных предприятий, занимающихся проектированием, производством и наладкой разнообразного оборудования. Но особенно известны успехи Финляндии в лесной промышленности. Лесопромышленный кластер Финляндии включает лесозаготовительную, деревообрабатывающую и целлюлозно-бумажную отрасли. Основными видами выпускаемой продукции деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной отраслей страны являются бумага, картон, пиломатериалы, целлюлоза, фанера, древесные плиты, столярные изделия. Лесозаготовительные и лесоперерабатывающие предприятия рассредоточены по всей территории Финляндии.

Собственно лесной сектор Финляндии формирует около 5 % ВВП страны. На его долю по итогам 2011 г. приходится около 20 % объема промышленного производства и около 20 % экспортных доходов Финляндии. В отдельных регионах Финляндии на лесной

сектор, в целом, приходится более 25 % валового регионального продукта.

Лесная отрасль обеспечивает работой около 50 тыс. человек, однако косвенное ее влияние на занятость населения является более существенным, по экспертным оценкам до 500 тыс. человек.

Лесная отрасль, по сути, это локомотив развития других направлений, в частности машиностроения. Так, удельный вес производства оборудования для лесной промышленности в машиностроении составляет свыше 15 %.

Высок вклад лесопромышленного кластера в развитие науки. В 2011 г., по оценкам Ассоциации лесной промышленности Финляндии, финские лесопромышленные компании вложили в НИОКР порядка 110 млн евро (в 2010 г. – 200 млн евро). Более 90 % указанных средств было инвестировано в развитие новых технологий в целлюлозно-бумажной промышленности. Общий уровень затрат на НИОКР всего лесного кластера превысил 400 млн евро/г.

Со своей стороны, финское государство через Центр технических исследований Финляндии «ВТТ» и Национальное технологическое агентство «Текес» также активно софинансирует разработку в лесной промышленности новых материалов и технологий. Так, например, «ВТТ», Технологический университет г. Хельсинки и компания «УПМ-Кюммене» создали Финский центр наноцеллюлозных технологий.

В период 2008–2011 гг. финские лесопромышленные компании активно вели исследования в области производства биодизеля и биотоплива. В частности, концерн «УПМ-Кюммене» совместно с «ВТТ», а также в сотрудничестве с энергетической компанией «Фортум» и машиностроительной компанией «Метсо», завершил исследование о возможности производства био-этанола.

Крупнейшие финские лесопромышленные концерны реализуют проекты по открытию новых заводов для производства этанола из биомассы. По сообщениям экспертов «УПМ-Кюммене», спрос на биотопливо в ЕС будет расти примерно на 7 %/г. Целью

ЕС является увеличение доли биотоплива в транспортном топливе до 10 % к 2020 г. В Финляндии соответствующая цель – увеличение на 20 %. Годовой объем переработки биологических веществ «УПМ-Кюммене» должен соответствовать примерно 1/4 объема биотоплива, производимого в Финляндии.

Кроме того, исследовательский центр Финляндии «ВТТ» и университет «Аалто» в 2011 г. заявили о разработке метода, который дает возможность изготовления в промышленных масштабах нового упаковочного материала в виде прозрачной пленки из березовой наноцеллюлозы.

Основная часть продукции деревообрабатывающей промышленности Финляндии идёт на экспорт. Важнейшими торговыми партнёрами являются Великобритания, Япония и Германия. В ассортимент экспортируемых товаров входят пиломатериалы, фанера, мебель и деревянные дома. Импорт изделий из древесины по сравнению с экспортом незначителен.

По информации института леса «Метла», в производстве пиломатериалов Финляндия занимает четвертое место среди стран Европы, её доля составляет около 2,5 % от мирового лесопильного производства. В стране производят в основном хвойные пиломатериалы. В 2011 г. в Финляндии работало 170 промышленных лесопильных заводов и в отрасли было занято около 9 тыс. работников. Число предприятий и работников, занятых в отрасли, сокращается, но, благодаря повышению производительности, объём выпуска продукции в отрасли увеличивается. Пиломатериалы первичной обработки (строганные и профилированные пиломатериалы, пиломатериалы с шиповым соединением) выпускаются примерно на 300 предприятиях, из них половина компаний – малые предприятия с персоналом менее 5 человек.

Сегодня перед Финляндией стоит задача – создать для промышленности деревянных изделий свой бренд. Технологии «клинтех» уже известны в мире, но существуют все предпосылки для подобного и в части деревянных изделий.

Деревянное строительство получило значительный импульс, в частности, с ростом

тенденции строить многоэтажные здания из древесины. По данным Ассоциации строительной промышленности, в связи с ослаблением спроса на лесобумажную продукцию крупные лесопромышленные компании, такие как «Стора Энсо», «УПМ-Кюммене», «Мется Групп», стремятся занять нишу на рынке многоэтажного деревянного домостроения.

В Финляндии законодательно разрешено строить восьмиэтажные дома с использованием древесины при условии использования автоматической системы пожаротушения.

По информации института «Метла», на целлюлозно-бумажную промышленность приходится более 70 % от стоимости всего лесопромышленного производства Финляндии. В отрасли занято 20 тыс. чел. 90 % бумажной и картонной продукции идёт на экспорт, три четверти которого направляются на рынки Европы, 12 % в Азию и 5 % в Северную Америку (всего в 150 стран).

Целлюлозно-бумажная промышленность остается очень важной для экономики Финляндии. Производство и экспорт целлюлозы, бумаги и картона по-прежнему имеет решающее значение для Финляндии. Экспорт целлюлозы, бумаги и картона составил 8,5 млрд евро в 2011 г. За первое полугодие 2012 г. экспорт поднялся до уровня 1,3 млн тонн, что на 19 % выше показателей 2011 г.

В январе 2012 г. Конфедерация финской промышленности (ЕК) опубликовала инвестиционный обзор событий 2011 г.: согласно данному обзору в 2011 г. рост инвестиций в лесопромышленный кластер составил 17 % (540 млн евро). Такой уровень инвестиций, по нашим оценкам, сохранится и в 2012 г.

Основными факторами, влияющими на принятие инвестиционных решений, являются развитие спроса на продукцию целлюлозно-бумажной промышленности Финляндии.

В 90-е гг. XX века и в первом десятилетии XXI века в Финляндии происходил процесс концентрации производства путем слияний и поглощений. В результате в лесной отрасли Финляндии сформировались следующие крупные лесопромышленные объединения: концерны «Стора Энсо», «УПМ-Кюммене», «Метсялиитто» (с февраля 2012 г. «Мется

Доля ЛПК в финской экономике

	2009 г.	2010 г.	2011 г.
<u>Всего доля ЛПК, %:</u>	15,7	15,8	15,7
ЦБП, %	6,2	6,2	6,1
д/о пром-ть, %	9,5	9,6	9,6
<u>Всего доля ЛПК в экспорте страны, %:</u>	19,6	22,8	19,8
ЦБП, %	15,6	18,2	15,9
д/о пром-ть, %	4,0	4,6	4,0
<u>Всего доля ЛПК в производстве страны, %:</u>	17,0	19,2	17,7
ЦБП, %	11,2	13,0	13,0
д/о пром-ть, %	5,8	6,2	5,9

Источник: Ассоциация лесной промышленности Финляндии, ноябрь 2012 г.

Итоги работы лесопромышленного комплекса Финляндии в 2008–2011 гг.

	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2011/2010 г., %	Доля экспорта в объеме производства, % в 2011/2010 гг.
Пиломатериалы хвойные, тыс. м ³	9800	7600	9400	9700	7,5	62/59
Фанера, тыс. м ³	1265	780	980	1040	6,1	84,5/90
Сульфатная целлюлоза, тыс. т	7159	5518	6733	6748	0,2	30,5/19
Бумага, тыс. т	10229	8096	8929	8602	-4,3	93,2/91
Картон, тыс. т	2897	2506	2860	2726	-5	89,8/84
Бумага и картон всего, тыс. т	13126	10602	11789	11329	-4	–

Источники: данные Союза лесной промышленности Финляндии, март 2012 г.

Итоги работы лесопромышленного комплекса Финляндии в первом полугодии 2011 и 2012 гг.

	S 2012 г.	S 2011 г.	S 2012 г./S 2011 г. %
Пиломатериалы хвойные, тыс. м ³	5000	5200	-3,8
Фанера, тыс. м ³	520	550	-5,4
Сульфатная целлюлоза, тыс. т	3402	3460	-1,7
Бумага, тыс. т	3887	4389	-11,5
Картон, тыс. т	1334	1416	-5,8
Бумага и картон всего, тыс. т	5221	5804	-10,1

Источники: данные Союза лесной промышленности Финляндии, ноябрь 2012 г.

Групп»), на долю которых приходится более 98 % производства и экспорта продукции всей лесной промышленности Финляндии.

По данным Финской таможенной статистики, объем финского экспорта лесной продукции в первом полугодии 2012 г. в стоимостном выражении составил 6,3 млрд евро, в 2011 г. составил 10,92 млрд евро, в 2010 г. – 10,5 млрд евро, т.е. в 2011 г. рост экспорта продукции составил 4 % по сравнению с 2010 г. или 19,8 % общего объема экспорта промышленной продукции Финляндии в 2011 г.

Лесами покрыто 26,1 миллиона гектаров или 76 % от всей площади Финляндии, что составляет 11 % от общей площади лесных земель Европы (210 млн га) [1].

Средний запас древостоя составляет 110 м³ на гектар [2]. Общий запас древесины на корню составляет 2,28 млрд м³ с годовым приростом 104 млн м³. По геоботаническому положению Финляндия относится почти полностью к зоне бореальных лесов. Всего в Финляндии произрастает около тридцати пород деревьев. Половина общего запаса дре-

весины приходится на сосну. Следующими наиболее распространёнными лесными породами являются ель, берёза бородавчатая и берёза пушистая. На выращивании и использовании именно этих древесных пород базируются лесное хозяйство и лесная промышленность Финляндии.

На основе годового прироста древесины в древостое лесные земли подразделяют на продуктивные лесные земли (прирост $>1 \text{ м}^3/\text{га}$), малопродуктивные земли (прирост $0,1\text{--}1 \text{ м}^3/\text{га}$) и непродуктивные земли. Большинство лесов Финляндии, а это 20 млн гектар, произрастают на продуктивных лесных землях. Малопродуктивные и непродуктивные земли занимают 6 млн гектар.

В Финляндии ежегодно вырубают в среднем более двух процентов от общей площади, из них около половины проходят рубками главного пользования, остальные – рубками ухода.

Примечательна структура лесовладения в Финляндии: частные лица и семьи владеют более чем половиной лесов страны, при этом насчитывается около миллиона лесовладельцев (это составляет пятую часть населения). Леса, находящиеся в частной собственности семьи, переходят по наследству следующему поколению, поэтому в стране существует такое понятие, как семейное лесохозяйство. Половина всех лесовладельцев проживают в своих имениях, и каждым четвёртым лесовладельцем является женщина.

Государство владеет 34 % лесных земель, промышленность – 8 % и другие организации – 5 %. Государственные леса расположены, главным образом, в Северной и Восточной Финляндии, из них 45 % являются особо охраняемыми территориями.

Финские имения по размеру традиционно небольшие. Их площадь в среднем составляет 30 гектаров. Всего 5 % от общего количества (около 375 000) частных лесовладений составляют имения величиной более 100 га.

Лесохозяйственные объединения («Metsdnhoitoyhdistys») являются законодательно закреплёнными организациями лесовладельцев. Объединения помогают лесовладельцам в достижении их собственных целей

лесопользования, способствуют повышению рентабельности и устойчивости лесного хозяйства. Лесовладельцы вносят обязательный взнос в местный лесохозяйственный фонд, из которого финансируется деятельность объединений.

Государственное регулирование осуществляется региональной организацией «Лесной центр» («Metsdkeskus»). Главной задачей лесного центра является контроль за соблюдением лесного законодательства на закреплённой за ним территории. Кроме того, лесные центры оказывают поддержку лесовладельцам в проведении эффективного ухода за лесом, отвечают за лесное планирование, реконструкцию осушения и строительство лесных дорог. Лесные центры также выделяют дотации. Государство заботится о лесах как об основе благосостояния всей нации. Уход за государственными лесами осуществляет Лесная служба Финляндии («Metsdhallitus»), которая является государственным предприятием. Лесная служба Финляндии «Метсхаллитус» изначально являлась чисто государственным органом, но со временем начала выходить на частичную самоокупаемость через реализацию коммерческих проектов: 1992 г. служба начала заниматься продажей и покупкой земель, строительством инфраструктуры, продажей участков с жилыми объектами, а также поиском дополнительных возможностей извлечения прибыли на продаваемых участках (например добыча полезных ископаемых, получение ветряной энергии, туризм). Продажа в обязательном порядке осуществляется через аукцион.

В «Метсхаллитус» работает 700–800 сотрудников. Оборот компании в 2011 г. – 370 млн евро. Прибыль по итогам того же года – 104 млн евро.

В настоящее время идет подготовка реорганизации «Метсхаллитус», а именно выделение направления «лесное хозяйство» как коммерческое направление. Цель проводимой реформы – создание конкурентного рынка в сфере оказания услуг в лесном хозяйстве и стимулирование объединения мелких частных лесовладельцев, а также повышение вовлеченности частных лиц в этот процесс.

Цели ухода и лесопользования в хозяйственных лесах определяет Министерство сельского и лесного хозяйства, цели ухода в природных охраняемых объектах – Министерство окружающей среды. Министерство сельского и лесного хозяйства также определяет направления деятельности НИИ леса Финляндии и Центра развития лесного хозяйства «Таріо», который оказывает экспертные услуги общественным организациям, связанным с лесным хозяйством. Рекомендации, разработанные в стенах «Таріо», являются основным методическим документом, применяемым при ведении лесного хозяйства.

Практическая лесная политика в Финляндии разрабатывается на основе признания полезности и даже необходимости государственного вмешательства в экономику, которое осуществляется в целях сведения к минимуму отрицательных последствий действия рыночных механизмов при сохранении экономической и социальной безопасности в государстве. Так, сохранение социального равновесия в части доступа к лесным ресурсам граждан страны урегулировано законодательно. Принцип устойчивого лесного хозяйства, который лежит в основе закона о лесе Финляндии, состоит из трёх равносильных по отношению друг к другу составляющих, обеспечивающих устойчивое развитие экологической, социальной и экономической. На практике социальная устойчивость лесного хозяйства подразумевает более широкое распространение частного (семейного) лесовладения – каждый пятый финн является лесовладельцем – и также многоцелевое лесопользование.

В основе многоцелевого лесопользования лежит так называемое «право каждого», которое гарантирует свободное передвижение во всех лесах, независимо от того, кто ими владеет. Также граждане Финляндии понимают важность концепции устойчивого лесопользования как необходимого условия обеспечения нужд лесной промышленности.

В Финляндии произрастает около 37 видов съедобных дикорастущих ягод, 16 из них собирают для употребления в пищу. Ежегодно собирают около 40 млн кг ягод и 75 % из них для домашних заготовок. Наибольшее

хозяйственное значение имеют брусника, черника и морошка. Съедобных видов грибов насчитывается около 200, при этом 22 вида грибов одобрены для коммерческой заготовки. Ежегодно грибов заготавливают около 5–9 млн кг. Согласно финскому законодательству, доступ к местам произрастания дикорастущих ягод имеет каждый гражданин, невзирая на то, является ли место их нахождения чьим-то землевладением. Таким образом, общественным сектором гарантируется предоставление очень важных услуг, без которых общество, в силу сложившегося уклада жизни, обойтись едва ли может. Охота в стране является довольно распространённым видом отдыха, так как лесовладельцы обладают правом на охоту. Около 300 000 граждан имеют разрешение на охоту, из них 2/3 выходит на охоту как минимум один раз в год.

Действующий закон «О лесе» чётко прописывает правила сплошных рубок. Например, в Южной Финляндии на сухих участках диаметр сосны должен быть не менее 20 см, а возраст – 80 лет. В проекте нового закона на этот счёт нет никаких ограничений, поэтому лесовладелец сможет при желании вырубить и более молодой лес. В этом случае за молодняк, который годится для производства целлюлозы и бумаги, продавец получит 15–18 евро/м³. А за пиловочник можно выручить 55–60 евро/м³.

В соответствии с новым проектом Закона «О лесе» лесовладельцы получают право вести лесозаготовку любым удобным, на их взгляд, способом и в любое время. На рассмотрение Парламента закон будет представлен в 2013 г.

После рубок лесовладелец обязан посадить новый лес. Обработка участка и посадка саженцев обходится примерно в 1 тыс. евро/га. В проекте нового закона предлагается восстанавливать лес лишь на участках, превышающих более 0,5 га.

Лесная промышленность выступает за полную свободу рубок, поскольку надеется, что это приведёт к росту предложения древесины.

Финляндия имеет многолетний опыт применения модели комплексного, неистощительного лесопользования. Россия идет

по пути интенсификации лесозаготовок и могла бы использовать «скандинавские» технологии выборочно, в тех регионах, в которых это целесообразно путем реализации пилотных проектов в зоне бореальных лесов, например в Республике Карелия, Республике Коми, Архангельской области и Ленинградской области.

Очевидно, что первенство в управлении и регулировании лесопромышленного кластера в Финляндии отдается государству. Общий постулат государственного управления в финском обществе, выстроенном по скандинавскому типу, можно определить словами датских юристов: «Чтобы избежать государственного вмешательства, необходимо прибегнуть к государственному вмешательству» [3]. Другим очевидным постулатом является то, что государство представляет собой инструмент защиты экономических

интересов людей, как собственников лесных угодий, так и пользователей лесов.

В экономике Финляндии в целом и в лесопромышленном кластере в частности наблюдается типичное для скандинавской модели сочетание совершенно различных, но совместимых, как показывает практика, методов регулирования экономики: жесткое администрирование и упование на стихийную силу рыночных отношений, планирование, которое, тем не менее, является довольно мягким; централизм в управлении общественным сектором и, вместе с тем, децентрализация этого управления.

Библиографический список

1. Доклад «Состояние лесов в Европе на 2011 год».
2. Данные научного института «Metla» // Official website: www.lesinfo.fi // www.metla.fi
3. Jon Stewart Kierkegaard and His Danish Contemporaries: Philosophy, politics and social theory. Ashgate Publishing, Ltd., 2009. P.218.

ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ НА ОСНОВЕ ФУРАНОВЫХ ОЛИГОМЕРОВ

Д.А. СМИРНОВ, студ. каф. механической технологии древесины КГТУ,

А.А. ФЕДОТОВ, асп. КГТУ,

С.А. УГРЮМОВ, проф. каф. механической технологии древесины КГТУ, д-р техн. наук

tir921@gmail.com, nis@kstu.edu.ru, ugr-s@yandex.ru

Одним из способов повышения водостойкости древесных плит является применение при их изготовлении альтернативных клеев, например олигомеров фуранового ряда [2].

В ходе проведенных экспериментальных исследований были разработаны рациональные технологические режимы производства плит на основе фурфуролацетонного мономера ФА, позволяющие выпускать плиты высокой прочности и водостойкости [3].

Для условий ОАО «Фанплит», г. Кострома на базе горячего пресса ПР-6А разработан типовой вариант технологического процесса производства трехслойных плит с использованием клеевой композиции на основе фурфуролацетонного мономера ФА

(ДСтП-Ф). В проекте намечен выпуск таких плит в объеме 15 % от общего количества выпускаемой предприятием плитной продукции.

В рамках технико-экономического обоснования выполнен расчет продукции на основании себестоимости ДСтП, взятой по данным предприятия на конец 2011 г. Расчет товарной продукции представлен в табл. 1, расчет стоимости сырья и материалов – в табл. 2, 3.

Производство плит повышенной водостойкости на основе отходов деревообработки и фурановых олигомеров потребует увеличения затрат на электроэнергию, так как цикл горячего прессования таких плит несколько больше. Расчет затрат на амортизационные отчисления дополнительных основных фон-

Расчет товарной продукции

Марка плиты	Выпуск продукции, м ³	Цена (сопоставимая), руб.	Товарная продукция, т.р.
По проекту: ДСтП, П-А,Л,М,Ш,Е1 3500х1750х16	93863	3500	328520,50
ДСтП-Ф, П-А,Л,М,Ш,Е1 3500х1750х16	16564	10500	173922,00
Итого:	110427	4550	502442,50
По предприятию: ДСтП, П-А,Л,М,Ш,Е1 3500х1750х16	110427	3500	386494,50

Расчет потребного количества и стоимости сырья и материалов (по проекту)

Наименование	Единицы измерения	Количество на программу	Стоимость	
			единицы, руб.	сумма, тыс. руб.
1. Сырье для ДСтП:				
Карандаш	м ³	24220,57	165	3996,39
Шпон-рванина (тех. щепы)	м ³	110889,41	330	36593,51
Обрезки фанеры	м ³	10797,13	330	3563,05
Отпад и оторцовки	м ³	29472,06	330	9725,78
Итого:				53878,73
2. Материалы для ДСтП:				
Смола КФ-Н-54-П	т	8028,10	12100	97140,01
Отвердитель <i>NH₄Cl</i> сухой	т	84,44	24200	2043,448
Карбамид сухой	т	230,34	10890	2508,4026
Парафиновая эмульсия	т	623,91	25000	15597,75
Смола ФАФФ-31	т	2152,66	50000	107633
<i>n</i> -толуолсульфокислота	т	179,39	50200	9005,378
Вода	т	11142,19	16,2	180,50
Итого:				234108,49
Всего:				287987,22

Расчет потребного количества и стоимости сырья и материалов (по предприятию)

Наименование	Единицы измерения	Количество на программу	Стоимость	
			единицы, руб.	сумма, тыс. руб.
1. Сырье:				
Карандаш	м ³	24106,14	165	3977,51
Шпон-рванина (тех. щепы)	м ³	110365,52	330	36420,62
Обрезки фанеры	м ³	10746,12	330	3546,22
Отпад и оторцовки	м ³	29322,82	330	9676,53
Итого:				53620,88
2. Материалы:				
Смола КФ-Н-54-П	т	9444,82	12100	114282,32
Отвердитель <i>NH₄Cl</i> сухой	т	99,34	24200	2404,03
Карбамид сухой	т	270,99	10890	2951,08
Парафиновая эмульсия	т	734,01	25000	18350,25
Вода	т	8989,53	16,2	145,63
Итого:				138133,31
Всего:				191394,19

Амортизация дополнительных основных фондов и нематериальных активов

Наименование	Стоимость, тыс. руб.	Амортизация	
		Н _д , %	Сумма, тыс. руб.
1. Оборудование	2080,00	14,3	297,44
2. Прочие основные фонды (8 % от п.1)	166,40	14,3	23,80
3. Нематериальные активы	148,30	10	14,83
Итого	2394,70		336,07

Дополнительные инвестиционные затраты

Наименование	Сумма, тыс. руб.
Инвестиционные затраты, всего	5077,84
В том числе: 1. Оборудование	2080,00
2. Нематериальные активы	148,30
3. Прочие основные фонды (8 % от п. 1)	166,40
4. Производственный запас	2683,14

Калькуляция себестоимости

Элементы	По проекту		По предприятию		Темп роста, %
	сумма, тыс. руб.	на единицу, руб.	сумма, тыс. руб.	на единицу, руб.	
1. Выручка (без НДС)	502442,50	4550,00	386494,50	3500	130,0
2. Сырье и материалы за вычетом ценных отходов	287987,22	2607,94	191394,19	1733,22	150,5
3. Расчет за энергию	55661,83	504,06	55542,57	502,98	100,2
4. Затраты на оплату труда	27800,00	251,75	27800,00	251,75	100,0
5. ЕСН	9896,80	89,62	9896,80	89,62	100,0
6. Доп. амортизация ОФ и НМА, тыс. руб.	336,07	3,04	–	–	–
7. Прочие затраты, всего:	49745,60	450,48	49745,60	450,48	100,0
8. Процент по кредиту 12 %	609,34	5,52	–	–	–
9. Налоги, всего:	113,80	1,03	–	–	–
– доп. налог на имущество	113,80	1,03	–	–	–
10. Себестоимость	432036,86	3912,42	334379,20	3028,06	129,2
11. Прибыль от реализации продукции	70405,64	637,58	52115,30	471,94	135,1
12. Балансовая прибыль	70291,84	636,55	52115,30	471,94	134,9
13. Налогооблагаемая прибыль	70291,84	636,55	52115,30	471,94	134,9
14. Налог на прибыль	14058,37	127,31	10423,06	94,39	134,9
15. Чистая прибыль	56233,47	509,24	41692,24	377,55	134,9
16. Чистая выручка от операционной деятельности	56569,54	512,28	41692,24	377,55	135,7

дов и нематериальных активов представлен в табл. 4, расчет инвестиций в табл. 5, калькуляция себестоимости в табл. 6.

Основные технико-экономические показатели при частичном выпуске древесно-стружечных плит на основе фурановых

олигомеров применительно к условиям ОАО «Фанплит» представлены в табл. 7.

Реконструкция предприятия на частичный выпуск плит повышенной водостойкости в объеме 15 % от общего объема выпускаемой продукции позволит выпус-

Основные технико-экономические показатели

Наименование показателя	По проекту	По предприятию	Темп роста, %
1. Товарная продукция в сопоставимых ценах, тыс. руб.	502442,50	386494,50	130,0
2. Выпуск продукции в натуральном выражении, м ³	110427	110427	100,0
3. Число дней работы цеха в год, T _{эф} , дни	338	338	100,0
4. Число рабочих смен в сутки, см	2	2	100,0
5. Производственная площадь, м ²	5558	5558	100,0
6. Количество установленных единиц оборудования, шт.	37	37	100,0
7. Производительность основного оборудования, м ³ /ч	13,61	13,61	100,0
8. Характеристика и нормы расхода на 1 м ³ готовой продукции:			
а) древесина, м ³	1,59	1,58	100,6
б) смола, кг	92,19	85,53	107,8
9. Списочное количество ППП (всего), чел.	122	122	100,0
10. Годовой фонд заработной платы (всего), тыс. руб.	27800	27800	100,0
11. Средняя зарплата 1 работающего в год, тыс. руб.	227,87	227,87	100,0
12. Производительность труда 1 работающего, тыс. руб.	4118,38	3167,99	130,0
13. Технологическая трудоемкость единицы продукции, чел.×ч	2,3	2,3	100,0
14. Расход электроэнергии на 1 м ³ продукции, кВт×ч	168,02	167,66	100,2
15. Электровооруженность 1 рабочего, кВт×ч	152081,51	151755,66	100,2
16. Полная себестоимость единицы продукции, руб.	3912,42	3028,06	129,2
17. Оптовая цена 1 м ³ , тыс. руб.	4550,00	3500,00	130,0
18. Затраты на 1 руб. товарной продукции, руб.	0,86	0,87	98,9
19. Рентабельность 1 м ³ , %	16,29	15,59	104,5
20. Чистая выручка, тыс. руб.	56569,54	41692,24	135,7
21. Степень охвата механизированным трудом, %	61,9	61,9	100,0
22. Инвестиции по проекту, тыс. руб.	5077,84	–	–
23. Срок окупаемости, лет	0,84	–	–

кать конкурентоспособную продукцию с высокими физико-механическими характеристиками. За счет использования нового альтернативного связующего происходит изменение качества древесно-стружечных плит, прежде всего возрастает их водостойкость, что позволяет расширить сферы применения.

При организации частичного выпуска таких плит происходит значительное увеличение стоимости сырья и материалов, которое связано с использованием более дорогой фурановой смолы, а также увеличение стоимости электроэнергии вследствие повышения нагрузки на прессовое оборудование.

Рентабельность производства 1 м³ продукции увеличивается на 4,5 %; прибыль от реализации увеличивается на 35,1 %; увеличение чистой выручки происходит на 35,7 %.

Исходя из экономического анализа, проект реконструкции на частичный выпуск древесно-стружечных плит с использованием фурановой смолы является экономически эффективным.

Библиографический список

1. Шалашов, А.П. Перспективы производства древесных плит. Проблемы экологической безопасности древесноплитной продукции / А.П. Шалашов, В.П. Стрелков. – <http://www.vniidrev.balabanovo.ru>.
2. Угрюмов, С.А. Фурановые олигомеры в производстве фанеры и древесных плит / С.А. Угрюмов // Клеи. Герметики. Технологии. – М.: Наука и технологии, 2008. – № 10. – С. 14–16.
3. Исследование эксплуатационных характеристик плит повышенной водостойкости на основе на основе отходов деревообработки и фурановых олигомеров / С.А. Угрюмов, Д.А. Смирнов // Научные труды молодых ученых КГТУ. – Вып. 12. – Ч. 1. – Кострома: КГТУ, 2011. – С. 82–85.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ КРЕДИТНОГО РИСКА ЭМИТЕНТА КОРПОРАТИВНЫХ ОБЛИГАЦИЙ НА РОССИЙСКОМ ДОЛГОВОМ РЫНКЕ

Л.О. ШКЛЯЕВ, *каф. математического моделирования экономических процессов Финансового Университета при Правительстве Российской Федерации,*
 А.В. ТРЕГУБ, *доц. каф. высшей математики МГУЛ, канд. физ.-мат. наук,*
 И.В. ТРЕГУБ, *проф. каф. математического моделирования экономических процессов Финансового Университета при Правительстве Российской Федерации, д-р экон. наук*

lshklyev@mail.ru, tregub50@mail.ru, ilonavl_fa@mail.ru

Развитие фондового рынка в России позволяет все большему числу компаний привлекать финансовые средства, выпуская облигации. В свою очередь, появление на рынке большого числа эмитентов заставляет инвесторов осуществлять все более тщательный анализ кредитных рисков контрагента. При этом необходимо отметить, что многие современные модели оценки кредитного риска эмитента были разработаны иностранными специалистами и учитывали специфику иностранных рынков. В связи с этим возникает необходимость определения возможности применения классических моделей оценки кредитного риска эмитента корпоративных облигаций на российском долговом рынке.

Все множество моделей, на основе которых оценивается кредитный риск эмитента корпоративных облигаций, можно разделить на пять классов:

1. Дискриминантные модели (к примеру, Z – модель Альтмана).

При построении модели используется линейный дискриминантный анализ Фишера. Строится дискриминантная функция вида

$$Z = \sum_i a_i X_i$$

где $\{X_i\}$ – множество экзогенных переменных [5, с. 6].

В случае если $Z < Z_{\min}$, то у компании высокая вероятность банкротства в течение краткосрочного периода, если $Z < Z_{\max}$, то финансовое положение компании достаточно устойчиво. Предполагается, что экзогенные переменные модели распределены по многомерному нормальному закону.

2. Логит – модели (к примеру, модель *Credit Portfolio View*, [4, с. 448]).

Вероятность дефолта эмитента корпоративных облигаций определяется на основе логистической функции от различных микро- и макропоказателей.

Общий вид логистической функции приведен ниже

$$p_i = 1/(1 + e^{-y_i}), y_i = \alpha + \sum_j \beta_j x_{ji} + u_i \quad (1)$$

β_j – коэффициент чувствительности заемщика к j -му макроэкономическому или отраслевому фактору, $\beta_j, j = 1 \dots k$ оцениваются на основе эмпирических данных, u_i – случайное возмущение.

3. Структурные модели (модель Мертона, модель *EDF*, [4]);

Оценка вероятности дефолта эмитента строится на основе анализа цен его акций с использованием модели Блэка-Шоулза. В модели Мертона предполагается, что фирма имеет единственный непогашенный долг, который имеет форму облигации с нулевым купоном, т.е. сумма долга D должна быть уплачена в определенный момент T в будущем.

Обозначим через V_t стоимость активов фирмы на какой-либо момент времени t . При наступлении срока платежа T кредиторы предъявляют требования на номинальную сумму долга D , обеспеченную активами компании, т.е. $V_t > D$. Акционеры в этом случае получают разницу $V_t - D$. Однако, если требования не обеспечены активами, т.е. $V_t < D$, тогда кредиторы получают то, что есть в наличии, а акционеры не получают ничего. Таким образом, акционерный капитал E может быть интерпретирован, как опцион *call* с текущей ценой V_t и страйком D .

Тогда оценим стоимость акционерного капитала, используя формулу Блэка-Шоулза

$$E = VN(d_1) - DN(d_2), \quad (2)$$

где

$$d_1 = \left(\ln \frac{V}{D} + \sigma_V^2 \frac{T}{2} \right) / \sigma_V \sqrt{T}, d_2 = d_1 - \sigma_V \sqrt{T}.$$

Параметр $N(d_1)$ является частной производной E по V , т.е. дельта опциона *call*.

Параметр $N(d_2)$ в формуле Блэка–Шоулза отражает вероятность того, что цена актива в момент времени T будет больше цены исполнения для опциона *call*, т.е. опцион будет исполнен. Но это и будет вероятностью того, что дефолт не наступит, т.е. $V_T > D$ в момент T .

Тогда вероятность дефолта заемщика (PD) можно определить, как

$$PD = 1 - N(d_2). \quad (3)$$

Непосредственно наблюдаемыми величинами являются рыночная стоимость акций компании (капитализация) E и волатильность рыночной цены σ_E (историческая или модулируемая волатильность, рассчитанная по историческим ценам на акции). Найдем оценки ненаблюдаемых параметров V и σ_V как решение следующей системы

$$\begin{cases} E = V \cdot N(d_1) - D \cdot N(d_2) \\ \sigma_E E = N(d_1) \cdot \sigma_V V \end{cases} \quad (4)$$

После того, как мы найдем \tilde{V} и $\tilde{\sigma}_V$, подставим их в (3) и найдем вероятность дефолта эмитента облигаций.

4. Сценарные модели анализа кредитного риска.

Исследование кредитного риска в рамках сценарных моделей основано на сценарном прогнозировании денежных потоков с целью определения вероятности того, сможет ли эмитент вовремя и в полном объеме расплатиться по взятым на себя обязательствам. В рамках сценарных моделей также строятся прогнозные формы отчетности эмитента.

Модели упрощенной формы (модель миграции рейтингов Ярроу – Турнбулла, модели Даффи – Синглтона, [6]).

В рамках модели миграции рейтингов Ярроу–Турнбулла потенциальное финансовое состояние компании можно описать счетным множеством состояний $\{S_1, S_2, \dots, S_n\}$, S_n описывает предбанкротное положение компании. В каждый момент времени компания может перейти из состояния s_i в состояние s_j . Поведение

системы описывается дискретным марковским процессом с дискретным временем. В каждый момент времени при нахождении вектора \vec{p} – вектора вероятностей нахождения эмитента в состоянии s_p , используются матрица плотностей переходных вероятностей P . Вектор – строка вероятностей состояний компании от k -го до $(k+1)$ шага равен произведению вектора – строки вероятностей состояний от $k-1$ до k -го шага на матрицу переходных вероятностей P .

$$\begin{aligned} & (p_1(k), p_2(k), \dots, p_n(k)) = \\ & = (p_1(k-1), p_2(k-1), \dots, p_n(k-1))P. \end{aligned} \quad (5)$$

В рамках модели Даффи–Синглтона кредитный риск эмитента корпоративных облигаций вычисляется на основе анализа цен облигаций. В рамках модели Даффи и Синглтона вероятность дефолта эмитента облигационного займа считается исходя из представления потока событий $\{s_1, s_2, \dots, s_k\}$, происходящих во время $\{t_1, t_2, \dots, t_k\}$, в виде дискретного пуассоновского случайного процесса с непрерывным временем. Причем событие $s_i, i = \overline{1, k}$ может принимать две реализации: не произошел дефолт и произошел.

Обозначим через τ время до наступления дефолта, пусть $F(t) = P(\tau < t)$ – вероятность того, что произойдет дефолт в период времени до $t, t \geq 0$. Тогда обозначим через $S(t)$ функцию «выживания» $S(t) = 1 - F(t)$, которая означает, что эмитент не объявит дефолт в течение времени t . По аналогии с актуарными расчетами обозначим через $q_x = P(x \leq \tau \leq x + t)$ – вероятность того, что эмитент дефолтирует в период времени $[x, x + t]$. Символ q_x предельную вероятность дефолта. Как было отмечено выше, поток событий $\{s_1, s_2, \dots, s_k\}$ описывают дискретным пуассоновским случайным процессом с непрерывным временем. В целом, данное предположение можно считать адекватным, потому что 1) реалистично считать, что события дефолта в различные периоды времени независимы, 2) вероятность того, что за короткий промежуток времени произойдет больше одного дефолта, равна 0. Отметим, что дефолтное событие в описанном пуассоновском процессе может наступить только один раз.

Дискретный марковский процесс с непрерывным временем описывается интенсивностью процесса $\lambda(t)$. Тогда

$$P(x \leq \tau \leq x + t) = \lambda(t)dt. \quad (6)$$

Отметим, что исходя из свойства дискретного марковского случайного процесса с непрерывным временем вероятность того, что за интервал времени длины t произойдет x событий равно

$$p(x) = \frac{(\lambda t)^x}{x!} e^{-\lambda t}. \quad (7)$$

Тогда вероятность того, что за интервал времени длины t не случится дефолт, равна

$$S(t) = p(k=0) = \frac{(\lambda t)^0}{0!} e^{-\lambda t} = e^{-\lambda t},$$

$$F(t) = 1 - S(t) = 1 - e^{-\lambda t}. \quad (8, 9)$$

Поскольку по мере отдаления момента времени неопределенность финансового состояния эмитента возрастает, то логично предположить, что изменяется и интенсивность дефолта, то есть возрастает $\lambda(t)$ от t . Напротив, для компании, находящейся на сегодняшний момент в состоянии кризиса, достаточно пережить начальный момент времени, когда положение стабилизируется. В этом случае временная структура $\lambda(t)$ убывает. В нашей работе будем использовать постоянную временную структуру $\lambda(t) = \lambda$.

Далее Даффи и Синглетон предлагают определять цену облигации в рассматриваемый момент времени t_0 следующим образом

$$V_0 = \sum_{i=1}^k \left[\frac{c_i}{e^{rt_i}} S(t_i) + \frac{c_i}{e^{rt_i}} F(t_i) R \right], \quad (10)$$

где $\{c_i\}$ – поток платежей по облигации, а R – уровень возмещения в случае дефолта. Эта модель предполагает рассчитывать ожидаемый поток платежей на облигацию, не только исходя из краткосрочной рыночной ставки r , но и учитывая уровень возмещения R . С помощью этой модели мы можем использовать наблюдаемые на рынке цены облигаций для вычисления интенсивности дефолта λ , используя (8–10)

Уровень возмещения R будем определять следующим образом

$$R = \frac{\text{Ликвидационная стоимость}}{\text{Чистый долг}}, \quad (11)$$

где ликвидационная стоимость – сумма основных средств, запасов, дебиторской задолженности за вычетом кредиторской задолженности. Чистый долг компании равен заемному капиталу за вычетом денежных средств и их эквивалентов. Уровень возмещения рассчитывается по данным, приведенным в бухгалтерской отчетности.

Исследуем российский рынок облигаций по секторам экономики на 01 ноября 2010 г., обратившись к статистике, размещенной на сайтах www.cbonds.ru и www.rusbonds.ru. Таким образом, необходимо исследовать специфику российского долгового рынка в разрезе отраслей экономики. Это связано с тем, что для предприятий каждой отрасли характерны свои особенности бизнес-процессов (своя институциональная среда), а как следствие, и свой набор ключевых показателей, характеризующих его кредитное качество.

Наибольшее число эмитентов, допустивших дефолт, осуществляет (осуществляло) свою деятельность в пищевой отрасли (21/31 %) (Запись (21/31 %) здесь и далее по тексту означает, что в определенной отрасли у 21 эмитента произошел дефолт, что составляет 31 % от общего числа эмитентов, допустивших дефолт), за ними следуют предприятия строительной отрасли (13/19 %), далее идут предприятия металлургии (10/15 %). Не было дефолтов у предприятий химической промышленности и развлекательной сферы.

Для построения «качественной» кредит-скоринговой (дискриминантной и логит – модели) и сценарной модели существенным фактором является производственно-финансовая информация, характеризующая деятельность компании. В связи с этим проведем анализ корпоративных эмитентов в разрезе того, является ли эмитент компанией – *SPV*. Более того, организационно-правовая форма эмитента определяет степень его «информационной открытости».

Спецификой российского рынка облигаций является тот факт, что в большинстве случаев компания (группа компаний), которая хочет привлечь с рынка финансовые ресурсы, создает так называемую компанию специального назначения *SPV* (*special purpose vehicle*), на баланс которой отражаются долги перед инвесторами, при этом сама компания выступает поручителем по займу.

В табл. 4 приведена характеристика российского рынка облигаций в разрезе организационно-правовой формы эмитентов. В случае если эмитентом является компания *SPV*, тогда вместо организационно-правовой формы компании *SPV* приведена организационно-правовая форма

Т а б л и ц а 1

Характеристика российского рынка облигаций в разрезе отраслей экономики

Отрасль экономики	Число эмитентов, шт.	Число эмиссий облигаций, шт.	Доля от общего числа эмитентов, %
Легкая промышленность	10	12	3 %
Машиностроение	39	65	13 %
Металлургия	37	75	12 %
Пищевая пром-ть	65	103	21 %
Развлекательные услуги	6	8	2 %
Строительство	34	50	11 %
Телекоммуникации	21	48	7 %
Транспортные услуги	15	41	5 %
ТЭК	25	55	8 %
Химическая пром-ть	19	25	6 %
Энергетика	37	63	12 %
Всего	308	545	100 %

Т а б л и ц а 2

Структура эмитентов, допустивших дефолт, в разрезе отраслей экономики

Отрасль экономики	Число эмитентов, шт.	Число эмитентов, допустивших дефолт, шт.	Доля эмитентов, допустивших дефолт, определенной отрасли от общего числа эмитентов, допустивших дефолт, %.	Доля эмитентов, допустивших дефолт, от числа эмитентов в отрасли, %.
Легкая пром-ть	10	3	4 %	30 %
Машиностроение	39	6	9 %	15 %
Металлургия	37	10	15 %	27 %
Пищевая пром-ть	65	21	31 %	32 %
Развлекат. услуги	6	0	0 %	0 %
Строительство	34	13	19 %	38 %
Телекоммуникации	21	2	3 %	10 %
Транспорт. услуги	15	5	7 %	33 %
ТЭК	25	6	9 %	24 %
Химическая пром-ть	19	0	0 %	0 %
Энергетика	37	1	1 %	3 %
Всего	308	67	100 %	

Т а б л и ц а 3

Число эмитентов в форме SPV в разрезе отраслей экономики

Отрасль экономики	Число эмитентов, шт.	Число эмитентов в форме SPV, шт.	Доля эмитентов в форме SPV определенной отрасли от общего числа эмитентов в форме SPV, %	Доля эмитентов в форме SPV от числа эмитентов в отрасли, %
Легкая пром-сть	10	5	5 %	50 %
Машиностроение	39	16	17 %	41 %
Металлургия	37	15	16 %	41 %
Пищевая пром-сть	65	19	20 %	29 %
Развлекат. услуги	6	2	2 %	33 %
Строительство	34	10	10 %	29 %
Телекоммуникации	21	3	3 %	14 %
Транспорт. услуги	15	6	6 %	40 %
ТЭК	25	11	11 %	44 %
Химическая пром-ть	19	5	5 %	26 %
Энергетика	37	4	4 %	11 %
Всего	308	96	100 %	

Организационно-правовая форма эмитентов в разрезе отраслей экономики

Отрасль экономики	Число эмитентов, шт.	В форме ОАО, %	В форме ЗАО, %	В форме унитарного предпр., %	В форме ООО, %
Легкая пром-ть	10	50 %	50 %	0 %	0 %
Машиностроение	39	69 %	18 %	8 %	5 %
Металлургия	37	70 %	24 %	0 %	5 %
Пищевая пром-ть	65	37 %	31 %	0 %	32 %
Развлекат.услуги	6	17 %	33 %	0 %	50 %
Строительство	34	32 %	21 %	0 %	47 %
Телекоммуникации	21	76 %	19 %	0 %	5 %
Транспорт. услуги	15	60 %	13 %	7 %	20 %
ТЭК	25	56 %	16 %	4 %	24 %
Химическая пром-ть	19	79 %	16 %	0 %	5 %
Энергетика	37	97 %	3 %	0 %	0 %
Всего	308				

Обращаемость акций эмитентов облигаций в разрезе отраслей экономики

Отрасль экономики	Число эмитентов, шт.	Доля эмитентов в форме ОАО, %	Доля эмитентов, акции которых обращаются на фондовых биржах, от числа эмитентов в отрасли %
Легкая пром-ть	10	50 %	0 %
Машиностроение	39	69 %	23 %
Металлургия	37	70 %	38 %
Пищевая пром-ть	65	37 %	14 %
Развлекательные услуги	6	17 %	0 %
Строительство	34	32 %	3 %
Телекоммуникации	21	76 %	57 %
Транспортные услуги	15	60 %	13 %
ТЭК	25	56 %	24 %
Химическая пром-ть	19	79 %	21 %
Энергетика	37	97 %	62 %
Всего:	308		

поручителя. В случае если у компании *SPV* несколько поручителей, порядок «предпочтения» устанавливается следующим образом: ОАО, ЗАО, Унитарное предприятие, ООО. В случае если у компании два поручителя: один в форме ОАО, другой в форме ЗАО, то кредитному аналитику удобнее анализировать ОАО в силу более доступной и репрезентативной информации по компании в этой организационно-правовой форме в сравнении с компанией в форме ЗАО. Данная система предпочтений обуславливается требованиями государственных регуляторов к раскрытию информации. Коммерческие предприятия, учрежденные в форме ОАО, обязаны публиковать отчет открытого акционерного общества на ежегодной основе, более того, для этих компаний обязателен ежегодный аудит.

Деятельность закрытых акционерных обществ контролируется ФСФР, что увеличивает уверенность кредитного аналитика в качестве предоставляемой ими информации в сравнении с информацией, предоставляемой унитарными предприятиями и обществами с ограниченной ответственностью. Обычно унитарные предприятия расцениваются как менее прозрачная форма по сравнению с акционерными обществами, поскольку в последних закон устанавливает процедуры корпоративного управления.

Проанализируем данные, представленные в табл. 4. Для нас, в первую очередь, будет интересна доля эмитентов, учрежденных в форме открытого акционерного общества, потому как этим компаниям предъявляются повышенные требования к раскрытию финан-

Степень рейтингуемости отраслей экономики

Отрасль экономики	Число эмитентов, шт.	Число эмитентов с рейтингом, шт.	Доля эмитентов с рейтингом от числа эмитентов в отрасли, %
Легкая промышленность	10	1	10 %
Машиностроение	39	13	33 %
Металлургия	37	16	43 %
Пищевая промышленность	65	8	12 %
Развлекат. услуги	6	2	33 %
Строительство	34	11	32 %
Телекоммуникации	21	13	62 %
Транспортные услуги	15	4	27 %
ТЭК	25	8	32 %
Химическая пром-ть	19	4	21 %
Энергетика	37	8	22 %
Всего:	308		

сово-экономической информации. Наибольшая доля эмитентов в форме ОАО представлена в энергетической отрасли (97 %), далее идут компании химической промышленности (79 %) и телекоммуникаций (76 %). Меньше всего компаний в форме ОАО представлено в сфере развлекательных услуг (17 %).

Целый класс моделей (структурные модели: модель Мертона, модель *EDF*), исследующих кредитный риск эмитента корпоративных облигаций, анализируют цены акций эмитентов облигаций (их поручителей, в случае если эмитент является компанией специального назначения (*SPV*)). В связи с этим проанализируем обращаемость акций эмитентов облигаций на фондовых биржах в разрезе отраслей экономики. Результаты анализа представлены в табл. 5.

Наибольшая доля эмитентов, акции которых обращаются на фондовых биржах, характерна для энергетической отрасли (62 %), сферы телекоммуникаций (57 %) и металлургии (38 %). В отрасли развлекательных услуг и легкой промышленности отсутствуют эмитенты облигаций, акции которых обращаются на фондовых биржах (табл. 5).

Еще одной важной характеристикой каждой отрасли экономики является степень ее «рейтингуемости» как мировыми, так и российскими рейтинговыми агентствами. Обычно матрица миграции кредитных рейтингов в модели Ярроу – Турнбулла оценивается на основе исторических данных о кредитных рейтингах эмитентов, присвоенных независимыми агентствами. К не-

зависимым мировым рейтинговым агентствам обычно относят: *Standard & Poor's*, *Moody's*, *Fitch*, к российским Эксперт РА, Национальное Рейтинговое Агентство (НРА), *AK&M* (Анализ, консультации и маркетинг). Результаты анализа степени «рейтингуемости» отраслей российской экономики приведены в табл. 6.

Наибольшее число эмитентов с рейтингом осуществляет свою деятельность в сфере телекоммуникаций (62 %) , за ними идут предприятия металлургии (43 %). Наименьшая доля предприятий с рейтингом характерна для пищевой (12 %) и легкой промышленности (10 %).

Целый класс моделей, анализирующих кредитный риск эмитента облигационного займа, основывается на анализе цен облигаций. Для того чтобы эти модели можно было применить на российском рынке облигаций, необходимо, чтобы цены облигаций являлись репрезентативной характеристикой финансового состояния эмитента, иначе говоря, рынок облигаций должен быть как ликвидным, так и эффективным.

В финансовой литературе под ликвидным рынком понимают рынок, на котором участники могут быстро заключать сделки большого объема без существенного влияния на рыночную цену. По сути, ликвидность рынка является необходимым условием его эффективности. То есть, если рынок ликвиден, мы можем в первом приближении рассматривать цену на финансовый актив в качестве индикатора, в котором учтена вся информация предыдущих периодов и текущая публичная информация.

Проведем анализ возможности применения описанных выше моделей на российском рынке корпоративных облигаций.

Специальных ограничений по применению кредит-скоринговых моделей (дискриминантные и логит-модели) нет. Эти модели строятся на основе любой репрезентативной производственно-финансовой статистики, характеризующей деятельность компании. Это же можно сказать и о сценарных моделях анализа кредитного риска. Но в целом, качество кредит-скоринговых моделей и прогнозных моделей будет тем лучше, чем более репрезентативная информация доступна для аналитика. Для этих классов моделей ключевое значение имеет объем доступной релевантной и надежной информации. На степень «информационной открытости» отрасли оказывает влияние показатель «доля эмитентов в форме *SPV*». Обратившись к табл. 3, видим, что наименьшая доля эмитентов в форме *SPV* характерна для компаний энергетической отрасли, телекоммуникаций и химической промышленности. Как было отмечено выше, наибольшей репрезентативностью финансово-экономической информации обладают эмитенты в форме ОАО. Анализируя табл. 4, отметим, что наибольшая доля эмитентов в форме ОАО характерна для эмитентов энергетической отрасли, телекоммуникаций и химической промышленности. В связи с этим, кредит-скоринговые и сценарные модели будет целесообразно применять для анализа эмитентов энергетической отрасли, телекоммуникаций и химической промышленности, потому как для них характерна наибольшая степень «информационной открытости».

Что касается структурных моделей (модель Мертона и *EDF* модель), то ключевым ограничением по их применению является требование по обращаемости акций эмитента на фондовой бирже. Обратившись к табл. 5, видим, что модели этого класса целесообразно применять только для эмитентов двух отраслей российской экономики: телекоммуникационной сферы и энергетики.

Применение модели Ярроу–Турнбулла (миграции кредитных рейтингов) сильно ограничено для российского рынка корпоративных облигаций. Это объясняется наличием небольшого объема статистической информации на

непродолжительном историческом промежутке времени (российский рынок корпоративных облигаций стал активно развиваться только с начала *XXI* века). Более того, обычно матрица миграции кредитных рейтингов (матрица переходных вероятностей) строится на основе анализа изменения кредитных рейтингов, присвоенных независимыми рейтинговыми агентствами. Как было показано в табл. 6, только для отрасли телекоммуникаций доля «рейтингуемых» эмитентов больше 50 % (62 %), для всех остальных отраслей эта доля меньше 50 %.

Для целого класса моделей, анализирующих уровень кредитного риска эмитента корпоративных облигаций, ключевой экзогенной переменной является цена на облигации. Применение этих моделей возможно в случае, если цены на облигации являются репрезентативной характеристикой производственно-финансового состояния эмитента. Это условие выполнимо в случае, если рынок является ликвидным и эффективным. В работе рассмотрены отрасли, рынок которых ликвиден, а оценка эффективности рынков отрасли – средняя. К таким отраслям в соответствии с проведенным исследованием относятся: металлургическая промышленность, телекоммуникационная сфера, транспортные услуги и ТЭК. Для эмитентов этих отраслей можно применять модели, использующие цены на облигации как ключевой фактор.

Библиографический список

1. Дамодаран, А. Инвестиционная оценка: Инструменты и методы оценки любых активов; пер. с англ. – 4-е изд. / А. Дамодаран. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. – 1340 с.
2. Петерс, Э. Фрактальный анализ финансовых рынков: применение теории хаоса в инвестициях и экономике. / Э. Петерс. – М.: Интернет–трейдинг, 2004. – 304 с.
3. Энциклопедия финансового риск-менеджмента / под редакцией А.А. Лобанова, А.В. Чугунова. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2009. – 932 с.
4. Bohn J., Crosbie P. Modeling Default risk / J. Bohn, P. Crosbie // Moody's KMV Company – 2001. – 34 p.
5. Max Heine. Predicting financial distress of companies: revising the Z – Score and Zeta Models / Heine Max // Stern School of Business, New York University. – 2000 – 54 p.
6. Robert A Jarrow, Lando D., Stuart M. Turnbull A Markov Model for the term structure of Credit risk spread Robert A Jarrow, D. Lando, M. Stuart // The Review of Financial Studies. – Summer 1997. Vol. 10, No 2, p. 481–523.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОВАРО- И НЕКТАРОПРОДУКТИВНОСТИ ЛИПНЯКОВ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

Г.С. ИВАНОВ, *проф. каф. начертательной геометрии и черчения МГУЛ*,
 Д.В. ОХОТНИКОВ, *асп. каф. начертательной геометрии и черчения МГУЛ*

caf-graph@mgul.ac.ru

Общеизвестно [1], что в ботанике, зоологии, растениеводстве и ряде других областей существуют явно выраженные зависимости между целым и его частью (между массами особи и ее какого-либо органа, массой ствола дерева и его высотой или (и) диаметром), между физическими данными особи и факторами внешней среды. Для изучения таких зависимостей широко используются методы регрессионно-корреляционного анализа.

В нашем случае считается доказанным [2] существование тесных связей между продуктивностью (удельные объем ствола, массы кроны, масса цветков) и таксационными характеристиками яруса и основного элемента леса. Опосредованно это ведет к существованию корреляционных связей между видами товарной и нектарной продукции. С позиций решения задачи определения сроков главной рубки необходимо знать для конкретных интервалов возраста липняка тесноту и форму связи между указанными видами продукции.

Имеющийся объем наблюдений [2] позволяет более или менее равномерно наметить следующие возрастные интервалы: 15–30, 50–65, 65–80, 80–100, 100 и выше. В качестве примера выполним регрессионно-корреляционный анализ взаимосвязи товаро- (удельного объема ствола) и нектаропродуктивности (удельной массы цветков) для интервала 65–80 лет. Этот интервал характеризуется спелостью липняка и по некоторым исследованиям является возрастом главной рубки [2], то есть экспериментальные исследования утверждают о наличии в пределах этого интервала тесной линейной взаимосвязи рассматриваемых показателей.

Анализ начнем с построения корреляционной табл. 1 [3]. На пересечении каждого столбца и строки указывается частота m_{xy} , с которой при выбранных интервалах удельного объема ствола x встречаются значения y (выбранные интервалы удельной массы цвет-

ков). В предпоследней строке таблицы приведены частные суммы,

$$m_x = \sum_y m_{xy},$$

а в предпоследнем столбце – частные суммы

$$m_y = \sum_x m_{xy}.$$

Очевидно, что $\sum_x m_x = \sum_y m_y = N = 17$.

Корреляционная таблица показывает распределение значений y для каждого интервала значений x и наоборот. Для наглядного представления этого распределения вычислим условные средние \bar{y}_x по x и поместим их в последней строке корреляционной таблицы

$$\bar{y}_x = \frac{\sum_y m_{xy} \cdot y}{m_x}, \quad (1)$$

где y – средние значения каждого интервала по y .

Аналогично вычисляем условные средние \bar{x}_y по y , значения которых указываем в последнем столбце таблицы.

Зависимость $\bar{y}_x = f(x)$ определяет корреляционную связь значений y и x . Исследование этой зависимости (ее формы) является одной из двух основных задач такого анализа. Рассмотрим простейший случай, когда уравнение регрессии является линейным

$$\bar{y} = ax + b. \quad (2)$$

В общем случае корреляционная таблица позволяет определить вид аппроксимирующей функции $\bar{y}_x = f(x)$ [3]: она определяется как парабола n – го порядка (в частном, нашем случае – прямая), приближающаяся по критерию наименьших квадратов к табличной функции. При этом каждая точка (x, \bar{y}_x) учитывается столько раз, сколько первичных данных было использовано при ее вычислении. Это означает, что коэффициенты a, b в уравнении прямой (2) надо выбрать так, чтобы сумма

$$s = \sum_x m_x (\bar{y}_x - ax - b)^2 \quad (3)$$

Т а б л и ц а

$x \backslash y$	7,5–8 7,75	8,1–8,5 8,3	8,6–9,0 8,8	9,1–9,5 9,3	9,6–10 9,8	10,1–10,5 10,3	10,6–11 10,8	m_y	\bar{x}_y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,5–3,0 2,25	2	2				1		5	8,48
3,1–4,5 3,8		1				2		3	9,63
4,6–6,0 5,31								0	–
6,1–7,5 6,8							1	1	10,80
7,6–9,0 8,8					1			1	9,80
9,1–10,5 9,8				2				2	9,30
10,6–12,0 11,3				1				1	9,30
12,1–13,5 12,8						1		1	10,30
13,6–15,0 14,3			1					1	8,80
15,1–16,5 15,8								0	–
16,6–18,0 17,3								0	–
18,1–19,5 18,8								0	–
19,6–21,0 20,3			1					1	8,80
21,1–22,5 21,8								0	–
22,6–24,0 23,3								0	–
24,1–25,5 24,8								0	–
25,6–27,0 26,3								0	–
27,1–28,5 27,8								0	–
28,6–30,0 29,31	1							1	7,75
m_x	3	3	2	3	1	4	1	17	
\bar{y}_x	11,27	2,77	17,30	10,30	8,30	7,16	6,80		
Парры	$\bar{x} = 9,144; \bar{y} = 8,904; \rho_{y/x} = -0,233; \rho_{x/y} = -0,329; \varphi = 5^\circ 15'$								

имела наименьшее значение. Графически это сводится к выполнению условия, чтобы сумма квадратов уклонов по ординате точек корреляционного графика от прямой регрессии была наименьшей.

Уравнение прямой регрессии можно представить в следующем виде [3]

$$y - \bar{y} = \rho_{y/x}(x - \bar{x}), \quad (4)$$

где \bar{x} , \bar{y} – общие средние значений вариантов x , y (координаты средней точки C корреляционного графика); в нашем случае $\bar{x} = 9,144$; $\bar{y} = 8,904$, которые вычислены по формулам

$$\bar{x} = \frac{\sum m_x \cdot x}{N}, \quad \bar{y} = \frac{\sum m_x \cdot \bar{y}_x}{N}.$$

Угловым коэффициентом этой прямой, называемый коэффициентом регрессии y на x , вычисляем по формуле [3]

$$\rho_{y/x} = \frac{\sum m_{xy}xy - N\bar{x}\bar{y}}{\sum m_x x^2 - N\bar{x}^2}, \quad (5)$$

где x , y – средние значения интервалов переменных x , y в табл. 3.3.

Имеем $\rho_{y/x} = -0,233$, что соответствует углу $\alpha = 103^\circ 10'$.

Вторая задача корреляционного анализа состоит в определении тесноты (меры) связи, то есть в оценке степени r рассеивания значений y для разных значений x . Мера связи, называемая линейным коэффициентом корреляции, вычисляется по формуле [3]

$$r = \frac{\sum m_{xy} \delta_x \delta_y}{N \sigma_x \sigma_y}, \quad (6)$$

где $\delta_x = x - \bar{x}$, $\delta_y = y - \bar{y}$, σ_x , σ_y – средние квадратичные отклонения показателей x и y .

Для наглядного представления геометрического смысла коэффициента корреляции r по аналогии с прямой регрессии $\bar{y} = f(x)$ вычисляем угловой коэффициент $\bar{x} = \varphi(y)$. Ее угловой коэффициент $\rho_{x/y}$ вычисляется по формуле,

аналогичной (5). В нашем случае $\rho_{x/y} = -0,329$, что соответствует углу $\beta = 108^\circ 25'$.

Тогда произведение коэффициентов регрессии равно квадрату коэффициента корреляции

$$\rho_{y/x} \rho_{x/y} = r^2.$$

В нашем случае

$$r = \sqrt{(-0,233) \cdot (-0,54)} = \pm 0,35.$$

Из этой формулы следует, чем больше угол φ между прямыми регрессии, тем меньше коэффициент r корреляции.

При существовании функциональной связи между x и y обе прямые регрессии совпадают и угол $\varphi = 0$.

В нашем случае ($\rho_{y/x} = -0,233$, $\rho_{x/y} = -0,329$, $\text{tg} \varphi = \text{tg}(\beta - \alpha) = (\rho_{x/y} - \rho_{y/x}) / (1 + \rho_{y/x} \rho_{x/y}) = -0,092$, что соответствует углу $\varphi = 5^\circ 15'$ и свидетельствует о существовании тесной корреляционной связи между товарной и нектарной продукциями липняков рассматриваемого возраста (интервал 65–80 лет).

Очевидно, что для других выделенных нами возрастных интервалов мера корреляционной связи будет другой. Построение временного ряда, характеризующего динамику изменения меры корреляционной связи между товарной и нектарной продукциями, с возрастом липняков может дать объективный критерий для определения возраста главной рубки.

Библиографический список

1. Карманова, И.В. Математические методы изучения роста и продуктивности растений / И.В. Карманова. – М.: Наука, 1976. – 224 с.
2. Соколов, П.А. Состояние и теоретические основы формирования липняков / П.А. Соколов. – Йошкар-Ола, 1978. – 208 с.
3. Тюрин, Ю.Н., Макаров, А.А. Статистический анализ данных на компьютере / Ю.Н. Тюрин, А.А. Макаров. – М.: Инфра-М, 1998. – 528 с.

К ОБОСНОВАНИЮ ПОСТАНОВКИ КУРСА «ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОМЕТРИЯ»

А.П. ЧУВАШЕВ, *зав. каф. начертательной геометрии и черчения МГУЛ, канд. техн. наук,*
Г.С. ИВАНОВ, *проф. каф. начертательной геометрии и черчения МГУЛ, д-р техн. наук*

caf-graph@mgul.ac.ru

В системе высшего образования начертательная геометрия традиционно считается «грамматикой черчения», призванной обеспечивать лишь курс черчения. Развитие и широкое внедрение в учебный процесс компьютерной графики, в частности 3D-моделирования, дало основание некоторым представителям кафедр инженерной графики отказаться от метода проецирования, так как «принципиально важным является соответствие размерности трехмерной компьютерной модели и моделируемого объекта» (проф. В.А. Рукавишников, «Высшее образование в России» № 5, 2008).

В связи с этим появилась тенденция отказываться от изучения геометрических основ решения задач и заниматься трехмерным моделированием, поскольку можно решить любую геометрическую задачу непосредственно на 3D-модели. Зачем заниматься отображением пространства на плоскость чертежа, если есть возможность получать на экране монитора объемные изображения любых трехмерных геометрических фигур? Следовательно, если не нужен метод, то зачем изучать начертательную геометрию вообще?

Целью такой перестройки является поиск дополнительных учебных часов на изучение компьютерной графики: «...для изучения компьютерной графики нужно больше часов, чем для начертательной геометрии. Можно увеличить число часов на компьютерную графику только за счет начертательной геометрии».

Такие доводы приводят, как правило, представители кафедр инженерной графики, защитившие диссертации на выпускающих кафедрах. Их позиция понятна и, в целом, оправдана: они знают начертательную геометрию в объеме учебника Гордона В.О. и Семенцова-Огиевского М.А. и глубоко убеждены в том, что она является лишь «грамматикой черчения». Преподаватели кафедр

инженерной графики абсолютного большинства технических вузов на территории бывшего Союза сами учились по учебнику этих авторов и продолжают преподавать по этому учебнику или по его компиляциям различных авторов. Общегеометрическая подготовка, необходимая будущим специалистам для решения прикладных задач в различных областях будущей их деятельности и обеспечиваемая наряду с другими математическими дисциплинами и начертательной геометрией, не входит, по их мнению, в круг задач преподаваемой ими дисциплины. Только в 8–10 ВТУЗах (МАИ, МАДИ, ЛИСИ, КИСИ, КПИ, ХАДИ, ГПИ, ОмПИ и некоторых других) на кафедрах инженерной графики велась научная работа и имелась аспирантура по специальности «Прикладная геометрия и инженерная графика». К сожалению, лишь специалисты кафедры инженерной графики этих вузов и их выпускники знают о широких областях применения методов прикладной геометрии, в частности, начертательной геометрии в машиностроении, строительстве и архитектуре, технологии и экономике и т.д.

Хотя многие задачи проектирования, оптимизации параметров изделий и технологических процессов, моделирования экономических зависимостей и др. являются многомерными, до последнего времени методы прикладной геометрии применялись, в основном, лишь для решения трехмерных задач. Исключение составляли только задачи моделирования систем «состав–свойство». Как следствие, многие преподаватели кафедр инженерной графики не имеют представления о начертательной геометрии многомерного пространства. Поэтому появилось абсурдное утверждение о ненужности операции проецирования (отображения), равенстве размерностей объекта (в общем случае, многомерного) и изображения, следовательно, об

отнесении начертательной геометрии к умирающим дисциплинам.

Если такая точка зрения победит, то вместе с начертательной геометрией исчезнут алгоритмы решения позиционных и метрических задач, в частности:

- способа построения линии наибольшего наклона поверхности, являющегося основой градиентного метода определения глобального максимума (минимума) многомерной поверхности;

- способов построения разверток поверхностей, касательных плоскостей и нормалей поверхностей, являющихся базовыми при воспроизведении технических поверхностей на станках ЧПУ;

- теории и способы образования поверхностей, образования гладких одномерных, двумерных и многомерных обводов.

В конечном итоге начнется подготовка пользователей, а не разработчиков тех или иных программ проектирования изделий, оптимизации технологических процессов и т.д.

В качестве еще одного довода сторонники «похорон» начертательной геометрии используют главную ошибку «гордоновской» школы начертательной геометрии, отдающей

предпочтение только графическим способам решения задач. Проф. Тунаков А.П. в своей статье «Начертили и забыли» (газета «Поиск» № 11, 16 марта 2007 г.) повторяет их ложный тезис: «главным преимуществом методов начертательной геометрии ранее была их значительно меньшая трудоемкость ...» и делает вывод: «... в создавшихся условиях аналитическая геометрия победила окончательно и бесповоротно, а начертательная геометрия стала умирающей наукой». Этот вывод является ошибочным, так как противоречит гносеологии: методы познания являются диалектически зависимыми, т.е. они одновременно противоречат и дополняют друг друга. Это прекрасно понимал основатель начертательной геометрии Г. Монж [1]: «Наше сравнение начертательной геометрии с алгеброй не бесцельно: обе науки имеют самую тесную связь. Нет ни одного построения в начертательной геометрии, которое нельзя было бы перевести на язык анализа: следует пожелать, чтобы обе эти науки изучались вместе: начертательная геометрия внесла бы присущую ей наглядность в наиболее сложные аналитические операции: анализ, в свою очередь, внес бы в геометрию свойственную ему общность ...».

Противопоставление графических (конструктивных) и аналитических методов решения задач наряду с неправомерным использованием при моделировании точечного пространства положений метода двух следов привело к нарушению, точнее, отсутствию системности в изложении материала курса начертательной геометрии. Это выражается как в нелогичности принятой системы обозначений, так и в отборе и последовательности расположения материала предмета [2]. Системность в образовании, в частности, выражается в:

- обеспечении преемственности (например, если в школе, в курсах аналитической геометрии, теоретической механики положительное направление оси координат указывается стрелкой, а на эюре – она отсутствует, то это нарушение преемственности);

- установлении межпредметных связей (например, алгоритмы решения геометрических задач графическими и аналитическими способами);

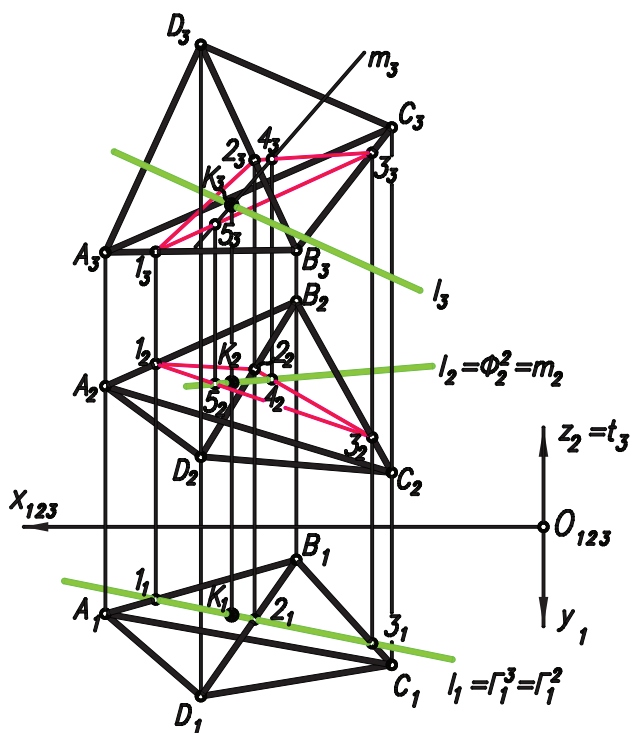


Рисунок. Построение точки $K = l \cap \Sigma^3$ уравнение гиперплоскости Σ^3

– обобщаемости алгоритмов решения задач на многомерные пространства или пространства с другой структурой.

В качестве примера, иллюстрирующего перечисленные положения, рассмотрим графическое и аналитическое решение задачи на определение точки K пересечения прямой l с гиперплоскостью $\Sigma^3(ABCD)$ четырехмерного пространства.

Сначала рассмотрим графическое решение задачи. На обобщенном чертеже Монжа (рис. 1) прямая l задается своими проекциями l_1, l_2, l_3 на координатные плоскости Oxy, Oxz, Oxt , а гиперплоскость – проекциями определяющего ее тетраэдра $A_1B_1C_1D_1, A_2B_2C_2D_2, A_3B_3C_3D_3$.

Через прямую l проводим проецирующую вспомогательную гиперплоскость $\Gamma^3(l_1 = \Gamma^3_1)$, которая пересекает данную гиперплоскость Σ^3 по 2-плоскости $\Gamma^2(123)$. В результате размерность задачи понижается на единицу и сводится к определению точки K пересечения прямой $l(l_2, l_3)$ с 2-плоскостью $\Gamma^2(123)$. Далее через прямую l проводим проецирующую 2-плоскость $\Phi^2(l_2 = \Phi^2_2)$, которая пересекается с 2-плоскостью Γ^2 по прямой $m(4, 5)$. Построенная прямая m пересекает данную прямую l в искомой точке $K(m_3 \cap l_3 = K_3)$, проекции K_1, K_2 строятся из условия принадлежности прямой $l(K_1 \in l_1, K_2 \in l_2)$.

Аналитическое решение полностью соответствует графическому решению задачи и сводится к решению системы четырех линейных уравнений с четырьмя неизвестными:

$$a_1x + a_2y + a_3z + a_4t + a_5 = 0 \quad (1)$$

система трех уравнений, задающих прямую l

$$\begin{aligned} b_1x + b_2y + b_3 &= 0 \\ c_1x + c_2z + c_3 &= 0 \\ d_1x + d_2t + d_3 &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Как известно, определитель системы (1, 2) вычисляется методом Гаусса, реализующий идею понижения размерности задачи. Следовательно, имеем полное соответствие между графическими способами многомерной начертательной геометрии и аналитическими алгоритмами аналитической алгебры в решении позиционных задач. Графические способы решения метрических задач аналитически реализуются средствами векторной алгебры и ана-

литической геометрии. Поэтому взаимосвязь этих дисциплин проявляется в конструктивных алгоритмах решения задач методами многомерной начертательной геометрии и их вычислительной реализации средствами линейной и векторной алгебры, аналитической геометрии.

Таким образом, из соблюдения принципа системности и наметившейся тенденции перехода от дифференциации наук к их интеграции [3] является своевременной и целесообразной постановка курса под условным названием «Инженерная геометрия». Учитывая общность предметов линейной и векторной алгебры, с одной стороны, и многомерной начертательной и аналитической геометрии, с другой стороны; необходимость повышения геометрической подготовки студентов технических вузов с целью решения прикладных задач проектирования, технологии и т.д. предлагается объединить ограничено связанные разделы этих предметов в названный курс с добавлением некоторых вопросов теории кривых линий и поверхностей [4].

Понятно, что эта задача сложная, требующая решения ряда непростых научно-методических, организационных и других вопросов. Представляется, что такой подход обеспечит надежное повышение общегеометрической подготовки будущих специалистов и даст весомый импульс для развития начертательной геометрии как учебной дисциплины, обеспечивающей не только курс инженерной и компьютерной графики, но и ряд специальных предметов.

Библиографический список

1. Монж, Г. Начертательная геометрия / Г. Монж. – М.: Изд. АН СССР, 1947. – 291с.
2. Иванов, Г.С. Концепция современного учебника начертательной геометрии / Г.С. Иванов, А.П. Чувашев // Научно-методические проблемы графической подготовки в техническом вузе на современном этапе. – Астрахань, 2010. – С. 65–67.
3. Берулава, М.Н. Интеграционные процессы в образовании / М.Н. Берулава // Интеграция содержания образования в педагогическом вузе. Сб. научных трудов Бийского НИЦ БИГПИ, 1994, – С. 3–9.
4. Якунин, В.И. Судьбу начертательной геометрии должны определять специалисты / В.И. Якунин, Г.С. Иванов // Современные проблемы информатизации геометрической и графической подготовки инженеров. – Саратов, 2007. – С. 3–7.

КОНВЕРГЕНЦИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА НА ВСЕХ УРОВНЯХ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ

Т.Н. ШИМОН, доц. каф. безопасности жизнедеятельности МГУЛ, канд. биол. наук

caf-ohr@mgul.ac.ru

Динамика развития мировой экономики характеризуется высоким уровнем потребления природных ресурсов во всем их многообразии. При этом в процессе деятельности производительных сил образуются отходы и различного рода побочные продукты, по отношению к которым в настоящее время не выработано эффективных технологий их утилизации.

Таким образом, ежегодно нагрузка на окружающую среду возрастает многократно и при сохранении современных тенденций общественного развития, прежде всего в развивающихся странах, рост экономики которых характеризуется наибольшими темпами экстенсивного развития, будет только усиливаться.

Очевидно, что в таких условиях особенно важным является смена доминирующей парадигмы потребительского подхода к использованию природных ресурсов для ускоренного роста валового внутреннего продукта (ВВП) стран на их рациональное использование, направленное на повышение глубины переработки ресурсов, замещение использования невозобновляемых ресурсов повышением уровня использования возобновляемых ресурсов и шире – снижением ресурсоемкости современного производства, а также максимально полной утилизации отходов, образующихся в ходе развития современной цивилизации.

Такое радикальное изменение подходов к природопользованию возможно только при внедрении экологического сознания в деятельность современных производительных сил, базирующееся на принципах рационального использования природных ресурсов, максимального сохранения окружающей природной среды и формирования на ее основе благоприятной социальной и культурной среды обитания человека.

Формирование экологического сознания – процесс длительный, происходящий в разных возрастных группах населения в течение нескольких поколений, сочетающий комплекс составляющих элементов образовательного, стимулирующего и регламентирующего характера. Базовой основой формирования экологического сознания общества должно стать экологическое образование, которое будет иметь успех только в случае непрерывного характера, многообразия форм и методов, эффективной системы мотивации.

Требование непрерывности к экологическому образованию является необходимым для его эффективности, так как только в случае формирования экологически ориентированной образовательной среды, воздействующей на человека на протяжении периода становления его сознания и мировоззрения в семье и в школе, приобретения базовых профессиональных знаний в средних специальных и высших учебных заведениях, профессиональном становлении в процессе практической трудовой деятельности, повышении квалификации, переподготовке, получении специализированных знаний у человека, находящегося внутри среды, вырабатывается система ценностей, направленная на естественность и органичность рационального использования природных ресурсов при осуществлении им профессиональных и управленческих функций [1].

При этом экологизация сознания человека должна быть подкреплена системой экономических стимулов, направленных на осознание и реальную возможность извлечения конкретной материальной экономической выгоды от применения ресурсосберегающих технологий в производительной деятельности. Говоря об экономическом стимулировании, не следует сосредотачиваться только на конкрет-

ных суммах материальных благ, получаемых конкретным индивидуумом. Гораздо важнее осознание им экономического эффекта, достигаемого от использования природоохранных технологий не только и даже не столько для себя лично, но и для окружающих, для своего предприятия, для общества, например в части экологических платежей, налогов и сборов.

Очевидно, что эффективное экологическое образование должно быть сбалансированным и сочетать как технологические, мировоззренческие подходы, так и экономическую составляющую, что позволит подкреплять выгоду природоохранной и ресурсосберегающей деятельности человека не только с точки зрения осознания им общественных благ от бережного отношения к окружающей среде, но и достижения в результате такой деятельности экономических результатов, повышающих уровень благосостояния самого человека, его окружения и общества в целом.

Также следует понимать, что применение экологически ориентированных технологий требует несколько больших затрат и, следовательно, экономическая рентабельность их будет умеренной. Поэтому только комплексный эколого-экономический подход позволит избежать крайностей в суждении о целесообразности применения природосберегающих технологий и принимать важные решения, в том числе управленческие, об их использовании на основе сбалансированной оценки различных аспектов их применения.

И здесь важнейшее значение приобретает необходимость именно непрерывности экологического и шире – эколого-экономического образования, при котором человек на разных стадиях развития получает необходимые ему конкретные знания и навыки, направленные на грамотное и эффективное использование природосберегающих технологий.

Максимальную образовательную ценность и общественную значимость экологическое образование, помимо комплексного эколого-экономического подхода и непрерывности процесса, получает при условии сопряженности и целевой направленности подготовки специалистов в системе семья–школа–вуз–производство (бизнес).

На следующем этапе образовательного процесса – этапе обучения в среднем специальном или высшем учебном заведении, на основе базовых ценностей экологического сознания, заложенных в семье и школе, у обучаемого формируется система профессиональных знаний, которые затем им будут применяться в практической профессиональной деятельности. Этот этап очень важен, так как именно здесь происходит становление профессиональной и личностной зрелости индивида и соединение базисных ценностей экологического сознания, заложенных на предшествующем этапе, с профессиональными знаниями, критической оценкой и анализом опыта предшественников. Именно на этом этапе обучающийся овладевает профессиональным инструментарием, определяющим его будущий профессиональный «почерк», состоящий из сложного комплекса взглядов, жизненных и профессиональных приоритетов, знаний, навыков, методов. Оптимальной представляется такая форма экологического образования, при которой профессиональные знания будут учитывать экологические и экономические аспекты конкретного хозяйствующего субъекта, региона или проекта, когда обучаемый получает необходимые знания и подходы с ориентацией на их использование применительно к конкретному экономическому объекту с конкретными параметрами, проблемами и особенностями [4].

Следующий этап экологического образования – этап становления специалиста как профессионального работника, занимающего зрелую гражданскую позицию в частности в вопросах экологизации экономической деятельности. В условиях стремительных изменений экономической ситуации, совершенствования и повышения эффективности природосберегающих экологически безопасных технологий для повышения профессиональной квалификации от современного специалиста требуется постоянное повышение квалификации. Для этой цели на современных производствах для ключевых и наиболее перспективных работников целесообразно разработать план их развития, важнейшей частью которого является регулярное профессиональное обучение работников для повышения их

квалификации, ориентированное на получение новых знаний, овладение современными экологическими технологиями, решение конкретных производственных и технологических проблем и задач с привлечением высококвалифицированных консультантов и инструкторов. Для успешного экологического образования на этом этапе необходимым условием является формирование опорных центров непрерывного экологического образования, сочетающих достижения науки и передовых производств на базе профильных вузов, научно-исследовательских центров, инжиниринговых или консалтинговых компаний.

Современный образовательный процесс на всех уровнях: от начальной подготовки до высшего образования и системы повышения квалификации специалистов и руководителей вне зависимости от их отраслевой специализации – должен включать обязательную экологическую составляющую, основанную на понимании всего многообразия взаимосвязей в системе «человек–природа» и экономической оценки принимаемых управленческих решений, используемых технологий и последствий их применения.

Экологическую составляющую современного образования следует рассматривать как непрерывный процесс обучения, воспитания и развития личности, направленный на формирование системы научных и практических знаний, образа мышления, ценностей, мотивации, поведение и деятельности, обеспечивающих ответственное отношение человека к окружающей природной среде обитания индивида и социума.

Непрерывность экологического образования должна обеспечивать понимание и возможность точной оценки природоохранной, технологической, производственной и экономической эффективности управленческих решений.

Решающее значение имеет овладение инструментарием экономической оценки природоохранных мероприятий, соизмеряющих затраты на их проведение и ожидаемые результаты от их внедрения. Таким образом, экономическая составляющая должна стать неотъемлемой частью современного образовательного процесса,

обеспечивая повышение его качества за счет конвергенции и органического сочетания двух аспектов: экологического и экономического.

Одним из ключевых факторов эффективности экологического образования является комплексный многоэтапный подход, сопровождающий все этапы активной жизни человека и формирования его мировоззрения о единстве и причинно-следственной связи взаимодействия человека и природы.

Современный образовательный процесс вне зависимости от его отраслевой специфики должен содержать несколько обязательных ключевых аспектов:

- непрерывный характер профессионального образования, включая его экологическую составляющую, в течение всего периода взросления, обучения и становления специалиста;

- практическая направленность на выявление, формулирование, анализ эколого-экономических проблем и способов их разрешения;

- комплексное развитие и совершенствование системы знаний по исследованию, оценке, улучшению состояния окружающей среды и их использование в профессиональной деятельности специалистов и руководителей различной отраслевой принадлежности;

- формирование экологического сознания как результата экологического образа мышления;

- разработка и совершенствование системы мотивации, стимулирующей применение и развитие мышления, ценностей, подходов, механизмов и инструментов в экономической и хозяйственной деятельности.

Библиографический список

1. Дербко, С.В. Экологическая педагогика и психология / С.В. Дербко, В.А. Ясвин – Ростов-на-Дону: «Феникс», 1996. – С.38–126.
2. Кайзер, Ф.Й. Методика преподавания экономических дисциплин. Основы концепции, направленной на активизацию процесса обучения / Ф.Й. Кайзер – СПб.: НПО «Мир и Семья», 2002. – С. 230.
3. Клепинина, З.А. Уроки преподавания природоведения / З.А. Клепинина, Л.П. Чистова – М.: Просвещение, 2004. – С. 192.
4. Боровицкий, П.И. Методика преподавания естествознания / П.И. Боровицкий. – СПб.: Детская литература, 2005. – С. 48–50.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ: СЕМЬЯ И ШКОЛА В ЛЕСНОЙ РЕКРЕАЦИИ*

О.Н. РИДИГЕР, заместитель директора ГОУ СОШ № 1161, соискатель ученой степени кандидата наук ИСВ РАО

olgaridiger@yandex.ru

Всем известно, что мы живем в условиях экологического кризиса, когда состояние неустойчивости проявляется на планетарном уровне. Глобальные климатические изменения являются одним из доказательств данного утверждения. Одной из главных причин неустойчивости и экологического кризиса является деятельность человечества. В 2005 г. ООН объявила начало десятилетия образования для устойчивого развития,

Повышенная антропогенная нагрузка на биосферу создает неравновесность во взаимодействии общества и биосферы и ведет ее к бифуркации. Возможность выживания человечества состоит в восстановлении естественной биоты. В 2009 г. состоялась Всемирная конференция ЮНЕСКО по образованию в интересах устойчивого развития (Бонн, Германия). Конференция подчеркивает междисциплинарный интегративный характер ОУР, призывает к разработке новых педагогических программ и технологий.

Урбанизация, оторванность от своих корней, потеря связи с землей несет огромный разрушительный эффект биопсихической природе человека. Согласно данным последней переписи населения, в городах проживает около 80 % населения России. Города представляют собой искусственные социоэкосистемы, обладают относительной неустойчивостью. В данных системах есть более устойчивые элементы – компоненты социоэкосистем, обладающие стабильностью и устойчивостью. К ним относятся лес, семья и школа. Для стабилизации любой системы необходимо использовать наиболее устойчивые ее подсистемы. Данное утверждение применимо и к социоэкосистеме города. При объединении в процессе совместной деятельности трех устойчивых звеньев стабильность всей системы возрастет.

Рассмотрим каждое из звеньев системы.

Лес – природная биологическая система (Александрова, 1964, Яенко-Хмелевский, 1966, Мелехов, 1974). Лесу свойственны тенденции к морфологической и биологической устойчивости, саморегуляции. Лес можно рассматривать как природную динамическую саморегулирующуюся систему [13]. Городские леса выполняют санитарно-гигиеническую (воздухоочистительную), углеродную, защитную, водоохранную, почвообразующую, оздоровительную, образовательную, воспитательную, эстетическую, климатическую, метеорологическую, рекреационную, являются источником вдохновения и творчества и выполняют множество других функций.

Стихийная лесная рекреация экологически неосведомленных граждан несет массу проблем и опасностей лесам: приводит к дигрессии лесных насаждений (Казанская Н.С., Волков С.Н., Полякова Г.А., Меланхолин П.Н., Ломов В.Д., Янгутов А.И., Ефимова, Чижова В.П. и др.). Оно связано с вытаптыванием почвенного покрова, уплотнением почвы, уничтожением лесной подстилки. Ведет к поражению деревьев, обеднению биоразнообразия лесной экосистемы, захламлению бытовым мусором, к неустойчивому состоянию леса, потере его рекреационных и других свойств, а в конечном итоге к разрушению лесов [5, 10, 19].

Для решения этих проблем необходим поиск новых организационных форм лесной рекреации. Более 30 лет назад об этом писал И.С. Мелехов, когда рассматривали в первую очередь хозяйственную роль леса [13]. Современный взгляд на городские и пригородные леса в 21 веке претерпел существенные изменения.

Лесная рекреация является важным показателем уровня благосостояния населения, первостепенным звеном в комплексе мер по восстановлению физических и духовных сил, оздоровлению населения. Организация рекреационного лесопользования приобретает

* в порядке обсуждения

особую важность в крупных городах в связи с большой плотностью населения, загрязнением окружающей среды транспортом и промышленностью, а также с увеличением интенсивности и ритма жизни городских жителей. Городские лесные насаждения становятся важным показателем качества жизни. По Вернадскому, выживание и устойчивость развития общества зависит от стабильности и эволюции биосферы, одним из важнейших компонентов сохранения которой являются леса.

Второй элемент стабильности социосистемы – семья. Семья – основа общества. «Семья является важнейшим элементом общества, его фундаментом. Именно в ней, прежде всего, формируется и физически, и культурно каждый человек. Именно в семье закладываются основные стереотипы поведения ребенка. Она является главной опорой человека и его заботой на протяжении всей жизни» [9]. Существенные изменения произошли в семье. Современное состояние семей называют неблагоприятным большинство исследователей, такие как Андреева Т.В., Мылкина-Пых И.Г. и др. Семья изменилась как педагогическая система: ее ценности, социокультурная среда (появилось множество негативных факторов, влияющих на развитие личности: террор отрицательной информации со стороны СМИ, множество техногенных средств информации и связи, размытые и искаженные ориентиры в обществе, пропаганда жестокости и насилия, тяжелые социальные условия), изменились родители (резкое отличие социальных статусов, занятость, социальная депрессия, тревожность, многоуровневая дезадаптация, растерянность, увеличение пограничных шизоидных состояний, рост алкоголизма, табакокурения, снижение физического и психологического и нравственного здоровья родителей, отсюда пренебрежение ими воспитательной функцией, либо гиперопека ребенка, что тоже негативно сказывается на воспитании детей, особенно в подростковом возрасте). Изменились дети (ухудшение физического и психического здоровья, акселерация, вынужденное раннее взросление, вызванное социальным сиротством).

Несмотря на эти изменения, семья для ребенка остается основным стабилизирующим

фактором его личностного развития. К воспитательно-сильному типу относят 15–20 % семей и воспитательно-устойчивыми являются 35–40 % семей (Г.М. Миньковскому).

Школы, сталкиваясь в первую очередь с проблемами детства, в большей степени заинтересованы в решении этих проблем, в стабилизации семей. От здоровья семьи зависит школьная успешность детей – основной показатель качества работы педагогов и школы в целом.

Школа является наиболее консервативным и устойчивым социальным институтом общества. Школе общество доверяет самое дорогое – детей – свое будущее. Традиционная классно-урочная система, сформулированная Я.А. Коменским и сложившаяся в 17 веке, до сих пор действует в подавляющем большинстве школ России. Школа, несмотря на нововведения и инновации, является гарантом стабильности общества [6, 7].

Триединство системы семья–школа–лес осуществляется в процессе экологического воспитания для формирования экологической культуры. Оно способствует стабилизации жизни социосистемы города.

В конце XX и в начале XXI века экологическое воспитание было провозглашено одним из приоритетных направлений работы школы. Была разработана стратегия непрерывного экологического воспитания и образования, выпущены новые учебники, введен предмет «экология», но качественных изменений данная стратегия не принесла. По последним данным исследований института семьи и воспитания РАО, экологическим воспитанием охвачено всего 3 % школьников – как результат профилизации образования [8]. Семья как главный воспитательный социальный институт в данной стратегии не рассматривалась вовсе.

Механизмы взаимодействия семьи и школы – двух главнейших социальных институтов в экологическом воспитании – должны носить качественно иной характер. Необходимо сформировать ценностно-смысловые ориентиры подрастающего поколения, которое растет в условиях урбанизированного ущербного ландшафта, искусственной среды, засилья техносферы, безумной всеобщей компьютеризации (Ермаков А.В., И.А. Шувалов, К.В. Зорин, Гросмон

Д. Медведева И., Шишова Т. и др.), бездуховности, все более сжимающегося психопатического круга в семье (о. Анатолий (Гармаев)).

В проекте примерной программы воспитания и социализации Президента России экологическому воспитанию уделено небольшое внимание. «Воспитание ценностного отношения к природе, окружающей среде (экологическое воспитание). Ценности: жизнь; родная земля; заповедная природа; планета Земля».

Перед школой и обществом в целом стоит наитруднейшая задача преодолеть в сознании воспитуемых покорительную установку в отношении природы, сформировать новую мировоззренческую установку личности на сотрудничество с природой, коэволюции с природой. Покорительная установка у детей идет из семьи. Необходимо формировать уважительное и внимательное отношение к нуждам и потребностям природы, в первую очередь городских лесов, которые, в конечном счете, оказываются и нашими собственными потребностями, поскольку при всей нашей оторванности от природы мы остаемся жить в ней и должны подчиняться законам ее системной организации.

В правящих кругах, к сожалению, нет глубокого осмысления и понимания того, что для устойчивого развития цивилизации необходима новая модель взаимодействия в системе семья–школа–лес и экологического воспитания, которая могла способствовать формированию экологической культуры, удовлетворить нормальные человеческие потребности, усмирить в большинстве людей человека безумного (*homo demens*) [15].

Данная ситуация нуждается в инновировании. Инновационная деятельность качественно меняет личность, среду, социум. Возникает так называемая обогащенная воспитательная и образовательная среда с поливариантным выбором, живущая по своим синергетическим законам, законам самоорганизации и креативного динамического хаоса, порождающего новые цели (смыслы), ценности и творческие импульсы. Происходит процесс самоактуализации всех субъектов воспитательного и образовательного процессов. На первый план выходит самообразование, самовоспитание и саморефлексия. В экологическом воспитании одним из

мониторинговых механизмов эффективности данных процессов является здоровье, зона его ближайшего развития. Эта новая среда требует особого бережного к себе отношения и новых деликатных форм управления, основанных на опережающей его функции [4].

Школьники отмечают, что после добротворческой деятельности в лесу, на природе микроклимат в семье оптимизируется, что ведет к общесемейному оздоровлению, благоприятно сказывается на самочувствии и способствует успеху школьников во всех видах деятельности, в том числе и учебной.

Труд может быть организован в лесу как забота о лесе, соучастие в решении проблем леса, соуправление лесопарковым хозяйством города на школьно-многосемейной проектно-исследовательской основе. Метод лесного добротворчества с использованием школьно-семейного проектирования способствует формированию экологической ответственности, чувства Земли, развивает патриотизм, формирует культуру здоровья всей семьи.

Природа – прекрасный воспитатель. В лесу, который является естественной экосистемой, можно использовать технологию воспитания на основе системного подхода (Новиковой Л.И., Караковского В.А. и Селивановой Н.Л.).

К инновационным относится технология тьюторской поддержки и сопровождения ребенка (Т.М.Ковалевой). В отличие от западного варианта тьюторства, где роль тьютора – наставника состоит в создании и координации организационных условий для самостоятельного образовательного движения обучающегося, наши наставники владеют специальными технологиями психолого-педагогической поддержки и сопровождения школьников. Нынешние семьи в подавляющем большинстве нуждаются в социально-экологической поддержке, методическом наставничестве, поэтому данная технология развивается в технологию школьно-семейного экотьюторства. Экологические проблемы усугубляются. Наблюдается влияние факторов среды на здоровье членов семьи, микроклимат семьи, внутрисемейные отношения. Для достижения позитивных результатов необходимо методическое наставничество – руководство – экотьюторство. Как правило, эту роль

выполняет учитель экологии, биологии или химии, являясь одновременно и классным руководителем. В нашей педагогической практике был опыт совместного экотьюторства классного руководителя и учителя экологии. Основа технологии – метод рефлексивного обсуждения в форме семейного клуба.

Специалисты в области экономики лесопользования изучают вопрос о стоимости рекреационных услуг. Состояние городских и пригородных лесов удручающее. Действия городских властей по охране лесов минимальны. Уменьшается биоразнообразие лесов и, как следствие, их устойчивость. Возрастает вероятность того, что с целью сохранения лесов городские власти передадут их частным предпринимателям. Такие тенденции мы наблюдаем в районах-новостройках г. Москвы. Так, в районе Южное Бутово часть территории будущего ландшафтного заказника «Бутовский» находится в частной собственности фирмы «Ритуал», часть продана частным лицам под жилищную коттеджную застройку. Из лесной рекреации выведено 2/3 южной части заказника. Северная часть заказника пока находится в запустении.

Экологическое воспитание осуществляется через деятельный подход и взаимодействие с органами местного самоуправления, общественные организации, работу с пришкольными экологическими объектами, мониторинг окружающей среды, сотрудничество с научными учреждениями.

Технология воспитания экологической культуры одна из самых гуманных педагогических и социальных технологий, в которой проявляется системный, комплексный и деятельный методологический подход. Она охватывает все виды деятельности: и управленческую, и социально-педагогическую, и учебно-воспитательную.

Характер воспитательного взаимодействия средоорганизованный, субъект-субъектный и личностно-деятельный. Природа используется как воспитательное средство. Целевая ориентация данной технологии включает изучение триады «природа–человек–общество». Технология нацелена на формирование ответственного отношения к природе, нового экологического мышления у школьников и их родителей,

в обществе в целом. Она будет способствовать вытеснению потребительского отношения к природе, осознанию личной ответственности за ее состояние, единение человека с природой, превращение окружающего мира в объект постоянной заботы людей, моральной перестройке духа и смысла человеческой культуры.

Для воспитания экологической культуры необходимо подключить семьи и, используя технологии семейного и школьно-семейного проектирования, решать вопросы по нормированию рекреационных нагрузок, охране лесов, борьбы с нежелательными представителями флоры и фауны, регулированию потоку рекреантов, проведение разъяснительной и воспитательной работы среди отдыхающих.

Основная организационная работа проводится с родителями учащихся школ, которые расположены рядом с городскими лесами, парками, ландшафтными заказниками. Только совместными усилиями Департамента образования и Департамента природопользования возможно предотвратить уничтожение лесов Москвы.

Решая вопросы сохранения лесов, мы сохраним мир в семье, вырастим здоровых и умных детей, заботливое поколение. Природа – хороший учитель. В проекте-инициативе «Наша новая школа» Д.А. Медведев предопределил роль школы в развитии социоэкосистемы. «Современная школа будет более тесно взаимодействовать с семьей. ...Приходить в образовательные учреждения вместе с детьми станет интересно и взрослым. Школы как центры досуга будут открыты в будние и воскресные дни, при этом школьные праздники, концерты, спектакли, спортивные мероприятия станут привлекательным местом семейного отдыха». Изменение взаимоотношений семьи и школы должно быть методологически обусловлено внедрением новых образовательных и воспитательных технологий.

Современные городские школьники, живя в искусственной городской среде, абстрактно представляют жизнь во всех ее проявлениях. Они оторваны от живой природы. Для экологического воспитания и формирования экологической культуры необходимо использовать разнообразные технологии, направленные на расширение образовательного и воспитательного пространства, внедрение в

образовательную практику внеаудиторных занятий на природе. Для этого создаются классы под открытым небом. Опыт их создания и использования есть в городах Европы, в том числе и Москвы (школы № 864, 1065 и др.)

Такие лесные аудитории для экологического просвещения семей, лесные исследовательские семейные лаборатории под открытым небом будут способствовать духовному и физическому оздоровлению всей семьи, воспитанию экологической культуры общества. В голодные послевоенные годы наделы земли спасли москвичей от голода. Современные проблемы разрушения биопсихической природы людей может решить только природа. В природной среде, в заботе о природе человек облагораживается, происходит его исцеление, восстановление его физических, духовных и душевных недугов. Многочисленные подтверждения данного тезиса можно найти в медицинских и психологических исследованиях таких авторов, как Оборин М.С., Егшин Ю.В., Яковлев В.Ф. и др. В человеке просыпается экологическая совесть [1–3].

События августа 2010 г. убедительно и ясно показали, что стихийная лесная рекреация может привести к необратимым последствиям в первую очередь для человека. Функциональное зонирование лесов, семейная ответственность на правах их семейного и функционального зонирования для охраны и рекреационного пользования с образовательными, воспитательными оздоровительными целями спасет лес и жизнь вокруг леса.

Библиографический список

1. Борейко, В.Е. Дорога к заповеднику. Природоохранная пропаганда и экопросвещение в заповедных объектах / В.Е. Борейко. – М.: Всемирный фонд дикой природы, 1996.
2. Борейко, В.Е. Экологическая этика в вузе / В.Е. Борейко. – К.: Киевский эколого-культурный центр, 2004. – 68 с.
3. Борейко, В.Е. Экологическая этика / В.Е. Борейко. – М.: МНЭПУ, 2002
4. Буданов, В.Г. Управление образовательным процессом в современных условиях: инновации и проблемы моделирования. Синергетическая парадигма. Синергетика образования / В.Г. Буданов, В.А. Журавлев и др.. – М.: Прогресс-Традиция, 2007. – С. 454.
5. Волков, С.Н. Формы рекреации и их влияние на лесную растительность / С.Н. Волков // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2005. – № 5. – С. 153.
6. Дежникова, Н.С. Экологическое воспитание в контексте социокультурного развития. Опыт экологического воспитания: информ.-метод пособие / Н.С. Дежникова. – ГНИИ семьи и воспитания, 2004. – 130 с.
7. Искать сердцем: воспитание экологической культуры: Программа «Маленький принц Земли» / сост. И.В.Цветкова. – М., 1997.
8. Клемяшова, Е.М. О состоянии экологического воспитания в Российской Федерации». Научный доклад лаборатории экологической культуры Института семьи и воспитания Российской академии образования / Е.М. Клемяшова, А.С. Пругченков и др. – М., 2009.
9. Купцов, В.И. Образование, наука, мировоззрение и глобальные вызовы XXI века / В.И. Купцов. – СПб.: Алетей, 2009. – Стр. 55
10. Ломов, В.Д. Влияние рекреационных нагрузок на лесоводственно экологическую оценку состояния хвойных насаждений НП «Лосиный остров» / В.Д. Ломов, А.И. Янгутов, Е.В. Ефимова // Вестник МГУЛ–Лесной вестник. – 2005. – № 5. – С. 41.
11. Макаренко, А.С. О воспитании в семье / А.С. Макаренко. – М.: Педагогика, 1955. – С. 119.
12. Макарова, О.В. Взаимодействие педагога и родителей при выполнении семейных проектов. Проблемы развития семейного и профессионально-семейного проектирования / О.В. Макарова, А.В. Шереметьев // Сб. статей. – М.: Юго-Западный окружной методический центр, 2009. – С. 64.
13. Мелехов, И.С. Лесоведение: учебник для вузов / И.С. Мелехов. – М.: МГУЛ, 1999. – С. 49.
14. Мелехова, О.П. Синергетика и образование в области наук о жизни. Синергетическая парадигма. Синергетика образования / О.П. Мелехова. – М.: Прогресс-Традиция, 2007. – С. 535.
15. Морен, Э. Образование в будущем: семь неотложных задач. Синергетическая парадигма. Синергетика образования / Э. Морен. – М.: Прогресс-Традиция, 2007. – С. 48.
16. Николаева, С.Н. Обучение природой начинается с детства / С.Н. Николаева. – Пермь, 1992. – С. 134.
17. Николаева, С.Н. Юный эколог. Система работы в подготовительной к школе группе детского сада. Для работы с детьми 6–7 лет / С.Н. Николаева. – М.: Мозаика_синтез, 2010.
18. Николаева, С.Н. Юный эколог. Система работы старшей группы детского сада. Для работы с детьми 5–6 лет / С.Н. Николаева. – М.: Мозаика_синтез, 2010.
19. Полякова, Г.А. Изменение антропогенной нарушенности лесопарков Москвы. Междунар. науч. конф. «Актуальные проблемы рекреационного лесопользования» / Полякова Г.А., Меланхолин П.Н. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. – С. 188.
20. Ридигер, О.Н. Семья в общешкольных проектах социальной значимости / О.Н. Ридигер // Сб. Ученик-ученик-родители. – Вып. 5. – Серия Инструктивно-методическое обеспечение содержания образования в Москве. – М.: НИИ ИСРОО, 2009. – 122 с.

ЖИЗНЬ НА СЛУЖБЕ БОЛЬШОЙ НАУКЕ К 85-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ Е.С. МИГУНОВОЙ

2 февраля 2013 г. исполняется 85 лет профессору, доктору сельскохозяйственных наук, академику Лесной академии наук Украины – Елене Сергеевне Мигуновой.

Родилась в 1928 г. в Харькове. Отец – С.М. Григорьев – был видным советским ученым-геохимиком. В 1951 г. закончила почвенное отделение биолого-почвенного факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. В 1958 г. защитила кандидатскую диссертацию на тему: «Влияние широколиственной древесной растительности на черноземные почвы». С 1959 г. работает в Украинском НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого (г. Харьков) сначала в лаборатории лесного почвоведения, затем – экологии леса (в должностях старшего и ведущего научного сотрудника).

Е.С. Мигунова занималась разработкой методов оценки лесопригодности засоленных почв и способов создания на них насаждений, в процессе которых дана оценка солевых свойств деревьев и кустарников, разработана лесотипологическая классификация засоленных местообитаний, предложены способы создания на них защитных и озеленительных насаждений, в том числе с применением мелиорации. На основе этих материалов в 1975 г. Е.С. Мигунова защитила докторскую диссертацию по специальности «Лесоведение, лесоводство и защитное лесоразведение» и с тех пор является ведущим ученым в области лесоведения и экологии, изучающим взаимосвязи леса со средой.

После защиты докторской диссертации Е.С. Мигунова занималась вопросами бонитировки лесных почв, прогнозом влияния строительства канала Днепр–Донбасс на леса, луга и почвы поймы р. Северский Донец и разработкой проблем лесной типологии как науки о лесных экосистемах. Многолетнее сопряженное изучение Е.С. Мигуновой насаждений и всего комплекса факторов, формирующих их местообитания (рельефа, почв, грунтов, грунтовых вод), на обширной территории бывшего СССР – от Закарпатья и Прибалтики до Иркутска и Якутска – показало, что трофность местообитаний – это уровень их обеспеченности элементами питания, прежде всего наиболее важными и при этом часто находящимися в почвах в недостаточных для оптимального роста растений количествах, а потому лимитирующими его. Такими элементами являются фосфор и калий. Уровень трофности местообитаний определяют их наибольшие количества в пределах корнедоступного слоя, из которого растения их и потребляют.

В процессе проведенных Е.С. Мигуновой исследований было дано не только обоснование, в том числе количественное трофности, являющейся основным аргументом классификационной лесотипологической модели, но и выявлено, что эта модель – эдафическая сетка, систематизирующая лесные местообитания по уровню их плодородия, обеспеченности пищей и влагой, представляет одновременно очень совершенную модель внутризонального разнообразия природы, поскольку шкала трофности жестко сопряжена с минеральным составом поверхностных отложений, являющихся единственным на Земле источником элементов питания для растений, а шкала увлажнения – с рельефом этих отложений и глубиной залегания грунтовых вод. Как было выявлено в процессе исследований, именно состав и строение (рельеф) поверхностных отложений обуславливают все разнообразие растительности и почв внутри однородного по климату региона.

Ею было установлено также, что в разных зонах их внутризональное разнообразие подчиняется единым законам. Повсеместно выявляются очень закономерные изменения состава и продуктивности растительности и плодородия (производительности) почв в пределах эдафических сеток разных регионов – от наиболее продуктивных и разнообразных по составу сообществ в центре сетки, на наиболее богатых оптимально увлажненных землях, до наименее продуктивных по её краям – на бедных, засоленных, сухих и переувлажненных землях. Установленные факты явились первым прорывом лесной типологии на уровень общей естественнонаучной дисциплины.

Е.С. Мигунова показала, что при размещении эдафических сеток отдельных регионов в глобальной климатической (географической) сетке создается единая классификационная система всех основных компонентов природной среды, «периодическая система» природы. Координатами такой эдафо(гео)-климатической сетки являются главные абиотические факторы – климат, поверхностные отложения и грунтовые воды, их лимитирующие жизнь параметры – тепло, влага и пища, зависимость



Здание Украинского научно-исследовательского института лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого. Здесь Елена Сергеевна работает более 50 лет

ми переменными – биотические и биокосные – растительность, животные, почвы. Все это позволяет найти решение многих наиболее сложных проблем естественных наук, в частности – вопросов выделения и классификации экосистем и элементарных ландшафтов, их инвентаризации и оценки (кадастра).

Елена Сергеевна Мигунова еще и историк лесной науки. Ей принадлежит заслуга возвращения нам имени выдающегося отечественного лесоведа Артура Артуровича Крюденера, эмигрировавшего в 1918 г. сначала в Финляндию, а затем в Германию и потому почти полностью забытого. Дебют воскрешения имени Крюденера состоялся

17 ноября 1982 года, на Комиссии по истории лесов секции Охраны природы Московского общества испытателей природы при МГУ им. М.В. Ломоносова. На заседании под председательством академика И.С. Мелехова был заслушан доклад Елены Сергеевны «А.А. Крюденер и его вклад в науку о лесе». В начале XX в. на основе обобщения народных природоведческих знаний А.А. Крюденером была создана типологическая классификация лесов Европейской России, представляющая собой первую в истории мировой науки сопряженную классификацию разных природных факторов – лесных насаждений и их метообитаний (климата и почвогрунтов), т.е. классификацию лесных экосистем. А это, по мнению Е.С. Мигуновой, по сути есть основополагающий принцип не только для лесной типологии, но и в целом для понимания закономерностей связей между живой и неорганической природой, поскольку эти ресурсы определяют уровень биоразнообразия, состав, структуру и продуктивность всего живого на нашей планете.

Еленой Сергеевной опубликовано около 250 научных работ.

Основные труды: Лесонасаждения на засоленных почвах. – М.: Лесная промышленность, 1978. – 144 с; Агролесомелиорация. – М.: Лесная промышленность, 1979, София, 1983 (болг.) (соавтор); Леса и лесные земли (количественная оценка взаимосвязей). – М.: Экология, 1993. – 364 с; Лесоводство и почвоведение (исторические очерки). – М.: Экология, 1994. – 248 с; Лесоводство и естественные науки. Харьков: Майдан, 2000. – 612 с.; и 2-е изд. – М.: МГУЛ, 592 с.; В.В. Докучаев и лесоводство (соавтор). – М.: МГУЛ, 2009. – 385 с.; Лесная типология, школа В.В. Докучаева и вопросы географии. – Харьков: Новое слово, 2009. – 304 с.

По Дмитрию Ивановичу Менделееву, подлинная наука преследует две цели – истину и пользу. Елена Сергеевна Мигунова как раз является тем ученым, который всю жизнь ищет (и находит!) истину и сопряженную с ней пользу.

**Профессор МГУЛ,
академик РАЕН**

В.Д. Никишов

**Доктор с-х. наук, профессор,
ведущий научный сотрудник
Института лесоведения
Российской академии наук**

М.Д. Мерзленко

Дроздов И.И., Коженкова А.А., Белинский М.Н. РЕПРОДУКЦИЯ КЕДРА КОРЕЙСКОГО В ПОДМОСКОВЬЕ.

В статье представлены материалы успешности репродукции сосны кедровой корейской в условиях Подмосквья. Сеянцы, выращенные из семян местной репродукции, не уступают растениям, полученным из семян ареала вида.

Ключевые слова: интродукция, сосна кедровая корейская, сеянцы.

Drozdvov I.I., Kozhenkova A.A., Belinski M.N. KOREAN PINE REPRODUCTION IN THE MOSCOW REGION.

The article under review presents the materials on the success ratio of Siberian Pine reproduction in the Moscow Region conditions. Seedlings obtained from local reproduction seeds are highly competitive with those obtained from the species area.

Key words: reproduction, Korean Pine, seedlings.

Рабцун А.С. МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ КЛОНОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ЛЕСОСЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЯХ.

В статье приводится описание наиболее перспективных современных разработок для идентификации клонов сосны обыкновенной: фенетический, биохимический и молекулярно-генетический методы.

Ключевые слова: клон, маркер, фенетика, ДНК, метод.

Rabtsun A.S. METHODS OF IDENTIFICATION OF CLONES OF THE PINE ORDINARY ON THE FOREST SEED PLANTATIONS.

The description of the most perspective modern methods of development is provided in article for identification of clones of a pine ordinary: phenetic, biochemical and molecular genetic methods.

Key words: clone, marker, phenetics, DNA, method.

Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н. МНОГОМЕРНАЯ ОЦЕНКА ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS L.*) ПО МОРФОМЕТРИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ СЕМЯН.

Факторный и кластерный анализы дают адекватную многомерную оценку степени генотипической близости плюсовых деревьев сосны обыкновенной по параметрам семян. Их привлечение для исследований может расширить арсенал существующих методов тестирования селекционных преимуществ изучаемых растений.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, плюсовые деревья, факторный анализ, кластерный анализ, евклидова дистанция, дендрограмма, многомерные оценки, параметры семян.

Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. THE MULTIVARIATE ANALYSIS OF THE PLUS-TREES OF A SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS L.*) ON MORPHOMETRICAL PARAMETERS OF SEEDS.

Factorial and cluster analysis state an adequate multivariate estimation of a degree of affinity of the plus-trees of a Scots Pine, caused by a genotype, on parameters of seeds. Their attraction for researches can expand an arsenal of existing methods of testing of selection advantages of investigated plants.

Key words: a Scots Pine, the plus-trees, the factorial analysis, the cluster analysis, Euclidean distance, the dendrogram, multivariate estimations, parameters of seeds.

Демина Н.А., Файзулин Д.Х., Наквасина Е.Н. СТРУКТУРА ПОТОМСТВА ПОПУЛЯЦИЙ ЕЛИ РАЗНОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПО ИНТЕНСИВНОСТИ РОСТА И ТИПАМ МУТОВЧАТОСТИ КРОНЫ.

Приведены результаты оценки деревьев в климатипах ели, произрастающих в 33-летних географических культурах Республики Коми, по интенсивности роста (классам Крафта) и морфологическим признакам (степень выраженности мутовчатости). Показана связь морфологического признака (степени выраженности мутовчатости) с видом ели и интенсивностью роста деревьев.

Ключевые слова: ель, географические культуры, Alpha дифференциация, формовое разнообразие, класс Крафта, степень мутовчатости.

Demina N.A., Fayzulin D.H., Nakvasina E.N. STRUCTURE OF POSTERITY OF SPRUCE POPULATIONS OF DIFFERENT GEOGRAPHICAL ORIGIN ON INTENSITY OF GROWTH AND TYPES OF CRONE WHORLES.

There were provided the results of evaluation of trees in spruce climatype growing in the 33-year-old provenance of the Republic of Komi, the intensity of growth (Kraft classes) and morphological characteristics (degree

of whorled). Relationships between the morphological trait (degree whorled) with a sort of spruce and the intensity of tree growth.

Key words: spruce, provenance, differentiation, form diversity, Kraft classes, whorl degree.

Захарова Е.И. ХОД ЛИГНИФИКАЦИИ КЛЕТОК ОДНОЛЕТНИХ ПОБЕГОВ НЕКОТОРЫХ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА БОБОВЫЕ (*FABACEAE Lindl.*), ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В НИЖЕГОРОДСКУЮ ОБЛАСТЬ.

В работе приведен анализ данных по характеру лигнификации клеток однолетних побегов некоторых древесно-кустарниковых представителей семейства бобовые (*FABACEAE Lindl.*), в условиях интродукции Нижегородской области. Даны выводы о степени подготовленности интродуцентов к воздействию продолжительных пониженных температур.

Ключевые слова: интродукция, адаптация, одревеснение, ксилема, флоэма.

Zakharova E.I. COURSE OF LIGNIFICATION OF CELLS OF ANNUAL SCOOTS OF SOME TREES AND SHRUBS REPRESENTATIVES OF FAMILY BEAN (*FABACEAE Lindl.*) INTRODUCED in the Nizhny Novgorod area.

The paper provides an analysis of data on the nature of lignification of cells of annual shoots of some trees and shrubs representatives of family bean (*FABACEAE Lindl.*), in terms of introduction of the Nizhny Novgorod region. Given the findings about the degree of preparedness of exotic species to the effects of prolonged low temperatures.

Key words: introduction, adaptation, lignification, xylem, phloem.

Лебедев Е.В. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО НА УРОВНЕ ОРГАНИЗМА В ОНТОГЕНЕЗЕ В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ.

Физиологический анализ таблиц нормальных древостоев дуба черешчатого позволил получить количественные данные фотосинтеза, депонирования углерода, минеральной и биологической продуктивности, а также связи этих показателей в онтогенезе. Увеличение корневого потенциала относительно фотосинтетического является физиологическим ответом на истощающийся запас минеральных элементов в почве с целью поддержания продуктивности на необходимом жизненном уровне. Предложенный способ анализа позволяет получить теоретические данные для разработки агротехнических приемов для повышения продуктивности древостоев.

Ключевые слова: дуб черешчатый, онтогенез, фотосинтез, минеральное питание, биологическая продуктивность, депонирование углерода.

Lebedev E.V. Biological productivity English oak at the organism level in the ontogeny in EUROPEAN RUSSIA.

Physiological analysis of the normal table of English oak stands yielded quantitative data of photosynthesis, carbon sequestration, mineral and biological productivity, as well as the relationship between these indices in ontogenesis. The increase the root potential in relative to of the photosynthetic potential – a physiological response to the dwindling supply of mineral elements in soil in order to maintain productivity at the required standard of living. The proposed method of analysis provides a theoretical data for the development of agricultural techniques to increase productivity of forest stands.

Key words: english oak, ontogeny, photosynthesis, mineral nutrition, biological productivity, carbon deposition.

Лебедев Е.В. ПРОДУКТИВНОСТЬ, ФОТОСИНТЕЗ И МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО, БЕРЕЗЫ ПУШИСТОЙ И ЛИПЫ СЕРДЦЕВИДНОЙ В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ НА УРОВНЕ ОРГАНИЗМА В ОНТОГЕНЕЗЕ.

Путем физиологического анализа таксационных данных древостоев дуба черешчатого, березы пушистой и липы сердцевидной получены количественные данные фотосинтеза, депонирования углерода, минеральной и биологической продуктивности и изучены связи этих показателей в онтогенезе. Главным фактором, лимитирующим рост, является прогрессирующий недостаток минеральных элементов. Неспецифической реакцией на ухудшение почвенных условий является рост корневого потенциала относительно фотосинтетического, что позволяет поддерживать продуктивность на необходимом для жизни уровне. Предложенный способ анализа позволяет получить теоретические данные для программирования продуктивности древостоев.

Ключевые слова: дуб черешчатый, береза пушистая, липа сердцевидная, онтогенез, фотосинтез, минеральное питание, биологическая продуктивность, депонирование углерода.

Lebedev E.V. Productivity, photosynthesis and mineral nutrition English oak, white birch and cordate linden in EUROPEAN RUSSIA at the organism level in the ontogeny.

When physiological analyzing data taxational plantings of English oak, white birch, cordate linden, obtained quantitative data of photosynthesis, deposition of carbon, mineral and biological productivity, and investigated the relationship between these indices in ontogenesis. The main factor, limiting growth, is the progressive deficit of mineral

elements. The increase the root potential in relative to of the photosynthetic potential – a physiological response to the dwindling supply of mineral elements in soil in order to maintain productivity at the required standard of living. The proposed method of analysis provides a theoretical data for the programming productivity of forest stands.

Key words: english oak, white birch, cordate linden, ontogeny, photosynthesis, mineral nutrition, biological productivity, carbon deposition.

Тарханов С.Н., Бирюков С.Ю. РЕАКЦИИ ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫХ ЗЕЛЕННЫХ МХОВ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ БАСЕЙНА СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ.

Изучено влияние аэротехногенного загрязнения на рост и биохимические показатели индикаторных видов листостебельных зеленых мхов *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. и *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp в условиях северной тайги бассейна Северной Двины.

Ключевые слова: мхи, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, годичный прирост, высота, pH, пигменты, тяжелые металлы, сера.

Tarhanov S.N., Biryukov S.Yu. REACTIONS OF LEAFY GREEN MOSS ON THE EFFECTS OF ENVIRONMENTAL CONTAMINATION IN THE NORTHERN TAIGA OF THE NORTHERN DVINA BASIN.

The influence of environmental contamination on the growth and biochemical indices of indicator species of leafy green moss *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. and *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp in the northern taiga of the Northern Dvina basin.

Key words: *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, annual increment, height, pH, pigments, heavy metals, sulfur.

Кутявин И.Н. ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ДРЕВОСТОЕВ СТАРОВОЗРАСТНЫХ СОСНЯКОВ ВЕРХОВЬЕВ ПЕЧОРЫ.

Приведены результаты исследования возрастной структуры древостоев одиннадцати типов сосняков бассейна верхней Печоры. Показаны закономерности распределения деревьев по классам возраста. Сосновые насаждения характеризуются сложной возрастной структурой древостоев: относительно разновозрастные демутационных фаз динамики, условно разновозрастные, абсолютно разновозрастные и ступенчато разновозрастные.

Ключевые слова: Север России, тайга, возрастная структура, коренные сосняки, древостой.

Kutyavin I.N. AGE STRUCTURE OF MATURE PINE STANDS IN THE UPPER PECHORA RIVER.

The results of age structure research characterize eleven types of pine forest (*Pinus sylvestris* L.) of the basin of the upper Pechora River. The laws of pine tree distribution to age classes are showed. Pine stands are characterized by a complex age structure: relative different-aged stands with demutation dynamics phases, conditionally different-aged, absolutely different-aged and stepwise different-aged.

Key words: North of Russia, taiga, age structure, virgin pine domination woods, stand.

Мозолевская Е.Г., Голубев А.В., Шарапа Т.В., Денисова Н.Б. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ НАСАЖДЕНИЙ И РОЛИ ВРЕДИТЕЛЕЙ И БОЛЕЗНЕЙ В НАРУШЕНИИ ИХ УСТОЙЧИВОСТИ.

Приведены классификационные признаки факторов среды, неблагоприятно воздействующих на состояние и устойчивость деревьев и насаждений, они различаются по природе или происхождению, по сфере приложения, по периоду и продолжительности воздействия, по характеру и степени воздействия и по обратимости или необратимости его последствий. Перечислены методы определения состояния и устойчивости насаждений. Рекомендована классификация последствий повреждения насаждений на экосистемном уровне для вредителей и болезней разных эколого-хозяйственных групп

Ключевые слова: классификационные признаки негативных факторов среды, устойчивость насаждений, вредители и болезни леса и последствия их повреждений.

Mozolevskaya E. G, Golubev A.V., Sharapa T.V., Denisova N.B . METHODS FOR ASSESSING THE VIABILITY OF GREEN SPACES AND THE ROLE OF PESTS AND DISEASES IN VIOLATION OF THEIR STABILITY.

Classification features of the environmental factors to the state and the resistance of trees and plantings are adverse. They are different: on the nature or origin, in the field of application, the period and duration of exposure, the nature and degree of exposure and reversibility or reversibility of its effects. There are the methods of determining the condition and sustainability of plantations. Classification of consequences of damage of trees by pests and diseases of different ecological and economic groups on the ecosystem level is recommended.

Key words: classification signs of negative environmental factors, resistance stands, forest pests and diseases and the effects of their injuries.

Голубев А.В., Денисова Н.Б., Рубцов В.В. МОДЕЛИ ПАЗАРИТ–ХОЗЯИН ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ БОРЬБЫ.

Модели являются частью обширных программ биологической борьбы, разработанных для управления системой лес–насекомое. Существует много моделей паразит–хозяин, они построены на разных принципах и имеют различные параметры. Ф.Н. Семевский предложил унифицировать эти параметры на основе динамической системы. На примере непарного шелкопряда рассматривается его плотность и доля паразитированных тахинами гусениц. Установлено, что смертность, вызванная паразитами, при колебаниях численности хозяина имеет тенденцию сохранять свое значение. Таким образом, эмпирический факт относительного постоянства паразитизма подтверждает теоретические положения Ф.Н. Семевского.

Ключевые слова: модели паразит–хозяин, постоянство паразитизма.

Golubev A.W., Denisova N.B., Rubcov V.V. MODELS FOR HOST-PARASITE DECIDING WHETHER BIOLOGICAL CONTROL.

Models are part of an extensive program of biological control system designed to control forest insects. There are many models of host-parasite, they are based on different principles and have different parameters. F.N. Semevskii proposed combination of these parameters on the basis of a dynamic system. On the example of the gypsy moth is considered the density and the proportion of larvae that are infected tahini. It turns out that the mortality rate of parasites tends to constancy while the number of host varies. Thus, the empirical fact of the relative constancy of parasitism confirms theoretical position FN. Semevsky

Key words: models of host-parasite, constancy of parasitism.

Клюев В.С., Шелуха В.П. ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ ОЧАГОВ ТИПОГРАФА В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ В ПЕРИОД КУЛЬМИНАЦИИ РАЗМНОЖЕНИЯ.

Проанализировано расположение очагов кородея-типографа в еловых насаждениях Брянской области. Наибольшие площади очагов выявлены в насаждениях, произрастающих в лесозащитном районе сильной лесопатологической угрозы в группе урочищ зандровые и моренно-зандровые равнины. Наиболее повреждены типографом приспевающие и спелые, среднеполнотные древостои, с долей ели в составе 5...7 единиц.

Ключевые слова: ель, кородея-типограф, группа урочищ, очаг размножения.

Klyuyev V.S., Shelukho V.P. LANDSCAPE AND ECOLOGICAL PRIUROCHENNOST OF THE CENTERS THE PRINTER IN THE BRYANSK REGION IN THE PERIOD OF THE REPRODUCTION CULMINATION.

Analyzed the location of centers of the spruce bark beetle (*Ipstypographus* (L)) in spruce stands of the Bryansk region. The largest areas of breeding centers were found in the outwash and moraine-outwash plain. The most damaged typographer forest by 60-100 years old, the average density stands, with the share of spruce in the 50 ... 70 percents.

Key words: spruce, spruce bark beetle (*Ipstypographus* (L)), breeding centers, group of the tract.

Сабо Е.Д., Карминов В.Н., Коровин В.В. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ВОДОЕМОВ В ПОДМОСКОВЬЕ.

В статье рассматриваются вопросы, связанные с экологическими аспектами создания водоемов в Подмоскowie на примере бассейна р. Сетунь. Проведенный сравнительный химический и микробиологический анализ воды в реке, водоеме и роднике показал, что при создании водоемов предпочтение следует отдавать грунтовыми водам.

Ключевые слова: водоем, река, обводнение, водосборный бассейн, Сетунь.

Sabo E.D., Karminov V.N., Korovin V.V. ECOLOGICAL ASPECTS OF CREATION OF RESERVOIRS IN MOSCOW REGION.

In the article the questions connected with ecological aspects of reservoirs creation in Moscow region on an example of the river Setun are considered. The carried-out comparative chemical and microbiological water analysis in the river, the reservoir and the spring have showed that in creating reservoirs it is necessary to give preference to ground waters.

Key words: reservoirs, river, irrigation, catchment basin, Setun.

Захаров А.В., Алексеев И.А., Гусева О.Н. ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА И БЕРЕГОРАЗРУШЕНИЕ В ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.

Проведен мониторинг прибрежной части Чебоксарского водохранилища. Установлена прямая зависимость влияния подтопления на лесопатологическое состояние прибрежных насаждений. Развивается процесс берегоразрушения прибрежной части водохранилища с появлением оползне- и оврагообразования. Увеличивается прибрежная захламленность и ветровой режим юго-западного направления. В результате подтопления проис-

ходит вытеснение ценных древесных пород (дуб, сосна) более влаговыносливыми (ольха). Стабильно высокий уровень грунтовых вод сказывается на образовании капиллярной каймы, которая приводит к развитию гнилей сосны, березы и ели. Стабильное участие корневых и стволовых вредителей в распространение гнилей в древесном насаждении, а также заселение стволовыми вредителями ослабленных деревьев в результате подтопления. Важно создать берегозащитные полосы для уменьшения влияния подтопления со стороны водохранилища.

Ключевые слова: подтопление, мониторинг, водохранилище, берегоразрушение, болезни и вредители подтопленного леса.

Zaharov A.V., Alekseev I.A., Gusev O.N. LESOPATOLOGICHESKY CONDITIONS AND COAST DESTRUCTION IN A COASTAL PART OF THE CHEBOKSARY WATER BASIN.

Monitoring of a coastal part of the Cheboksary water basin is carried out. Direct dependence of influence of flooding on a wood pathology of coastal plantings is established. Process of destruction of coast of a coastal part of a water basin with the advent of landslips and ravines develops. The coastal wood stuff and a wind mode of a southwest direction increases. As a result of flooding there is a replacement of valuable tree species (an oak, a pine) more hardy to a moisture (alder). Stably high level of ground waters affects education of a capillary border which leads to development of illnesses of a pine, birches and fir-trees. Stable participation of root and deckman wreckers in distribution of illnesses to wood planting, and as settling by deckman wreckers of the weakened trees as a result of flooding. It is important to create strips protecting coast for reduction of influence of flooding from a water basin.

Key words: flooding, monitoring, a water basin, destruction of coast, illness and wreckers of the impounded wood.

Захаров А.Ю., Чибисов Г.А. КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕРЕВЬЕВ ПРИ РУБКАХ УХОДА.

В статье приведен обзор классификаций, применяемых для отбора деревьев при рубках ухода. Апробирована классификация, сочетающая качественные, хозяйственные и биологические критерии при отборе деревьев будущего. Показано, что эта классификация позволяет оценить качество древостоев, пройденных рубками ухода, и наметить деревья на очередной отбор.

Ключевые слова: рубки ухода, классификация, сосняки, отбор деревьев.

Zakharov A.U., Chibisov G.A., CLASSIFICATION OF TREES AT THINNING (Improvement cutting).

This article provides an overview of the classifications used for the selection of trees for thinning. Approved classification, that combines qualitative, economic and biological criteria in the selection of "the trees of the future". It is shown that this classification allows us to assess the quality of forest stands, passed by thinning and to identify trees for the next selection.

Key words: thinning (improvement cutting), classification, pine forest, trees selection.

Погуляй К.С. РОЛЬ РАСЧЕТНОЙ ЛЕСОСЕКИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПРИНЦИПА НЕПРЕРЫВНОСТИ, НЕИСТОЩИТЕЛЬНОСТИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ.

Дана краткая история принципов определения расчетной лесосеки на различных этапах развития лесоустройства. Проведен анализ действующих нормативно-правовых документов по вопросу обеспечения принципа непрерывности и неистощительности лесопользования. Внесены предложения по усовершенствованию лесного законодательства в вопросах оптимизации лесопользования.

Ключевые слова: лесосека, непрерывное лесопользование, лесное законодательство, аренда.

Pogulyai K.S. THE ROLE ALLOWABLE CUT IN ENFORCING THE PRINCIPLE OF CONTINUITY, SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT.

A brief history of principles for determining allowable cut at different stages of development of forest management. The analysis of existing legal documents on the principle of ensuring continuity and sustainable forest management. Made suggestions to improve forest law enforcement in matters of forest management optimization.

Key words: cutting area, use of forest, forest legislation, rent.

Мурзинов Ю.В. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ОПТИМИЗАЦИЕЙ РУБОК УХОДА.

Рассмотрена возможность повышения эффективности выращивания сосновых насаждений при помощи оптимизации режимов и параметров рубок ухода за лесом. Представлены регрессионные уравнения для определения параметров роста деревьев. Выделен критерий оптимизации рубок ухода в сосновых насаждениях. Показано увеличение выхода полезной древесины и снижения возраста технической спелости деревьев при использовании системы автоматизации инженерных расчетов.

Ключевые слова: математические модели, регрессионные модели, рубки ухода, сосновые насаждения, выращивание леса, инженерные расчеты.

Murzinov J.V. INCREASE OF EFFICIENCY OF CULTIVATION OF PINE PLANTINGS BY OPTIMIZATION OF CLEANING CUTTING OF THE FORESTRY.

The opportunity of increase efficiency of cultivation of pine plantings is considered by means of optimization of modes and parameters of cleaning cutting by forestry. Are received the regression equations for definition of parameters of growth of trees. The criterion of optimization of cleaning cutting in pine plantings is allocated. The increase in the forest yield and reduction in age of technical maturity of trees is shown at use of system of automation of engineering calculations.

Key words: mathematical models, regression models, cleaning cutting, pine plantings, cultivation of a wood, engineering calculations.

Дюкова Л.А. ОЦЕНКА ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ ПОРОД В ПАРКОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА.

Представлены результаты оценки пригодности почв ЮБК под произрастание декоративных интродуцентов. Методом корреляционного анализа исследовано влияние 5 почвенных показателей на рост и жизненное состояние 6 видов экзотов. Определены оптимальные и допустимые параметры свойств почв для данных видов.

Ключевые слова: интродуцент, жизненное состояние, эдафические факторы, корреляционный анализ.

Diukova L.A. ESTIMATION OF SOIL CONDITIONS FOR GROWTH OF ORNAMENTAL TREES IN PARKS OF SOUTHERN COAST OF CRIMEA.

Results of estimation of soil fitness for ornamental introducents in Southern Crimea are presented. By correlation analysis the influence of 5 soil indices on growth and vitality of six exotic species is studied. Optimal and tolerable values of soil indices for these species are defined.

Key words: introducent, vitality, edaphic factors, correlation analysis.

Касимов Д.В., Касимов В.Д. ЭКОСИСТЕМНЫЕ УСЛУГИ МУЗЕЯ-ЗАПОВЕДНИКА Л.Н. ТОЛСТОГО «ЯСНАЯ ПОЛЯНА»

В настоящее время во многих странах мира много внимания уделяется экономической оценке благ, предоставляемых природой.

В статье на примере музея-заповедника Л.Н. Толстого «Ясная Поляна» показан экономический подход к управлению природными ресурсами.

Показано, что платежи за экосистемные регулирующие и культурные услуги могут стать дополнительным источником в сохранении природно-культурного наследия музея-заповедника и социально-экономического развития региона.

Ключевые слова: экосистемные услуги, регулятивные функции лесов, культурные услуги.

Kasimov D.V., Kasimov V.D. ECOSYSTEM SERVICES OF THE MEMORIAL ESTATE L.N. THICK «YASNAYA POLYANA».

Now in many countries of the world a lot of attention is given to an economic assessment of the benefits provided by the nature. In article on the example of the memorial estate L.N. Tolstoy «Yasnaya Polyana» economic approach to management of natural resources is shown. It is shown that payments for ecosystem regulating and cultural services can become an additional source in preservation of a natural cultural heritage of the memorial estate and social and economic development of the region.

Key words: ecosystem services, regulatory functions of the woods, cultural services.

Гиряев М.Д., Заварзин В.В., Иванов Н.Г. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ.

Подмосковные леса имеют исключительное природоохранное, экологическое и рекреационное значение.

В статье дается анализ современных проблем ведения лесного хозяйства и лесопользования столичных лесов. В соответствии с новым Лесным кодексом РФ в лесах Московской области в течение последних 5 лет практически не проводились рубки спелых, перестойных древостоев и проходные рубки ухода, что резко ухудшило их санитарное состояние. Существующая структура управления лесом требует совершенствования. Предлагается решение вопросов повышения эффективности лесопользования и организации лесопользования в лесах Подмосковья. В статье приводятся рекомендации по проведению базового лесопользования с учетом внедрения новых проектных решений. Даются конкретные предложения по тематике повышения квалификации специалистов лесного хозяйства.

Ключевые слова: лесопользование, лесничество, выборочные рубки, рекреационное лесопользование, аренда лесных участков, лесопользование.

Giryayev M.D., Zavarzin V.V., Ivanov N.G. CURRENT ISSUES OF FOREST MANAGEMENT IN MOSCOW REGION.

Forests of Moscow region have exceptional environmental, ecological and recreational value. The article analyzes the current problems of forest management and forest use near the capital. According to the new Forest Code of the Russian Federation there were almost no logging of mature or overmature stands and entrance thinning in Moscow region during the past 5 years. The current structure of forest management should be improved. The article contains proposals of how to increase the efficiency of forest management and use of forests near Moscow. The article provides guidelines for the basic forest management with new projects introduction, gives concrete suggestions for improvement of forest specialists professional skills.

Key words: forest management, forest district, selective logging, recreational forest use, forest compartments leasing, forest inventory.

Краснякова Ю.В. ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОКУРОРА ПО ДЕЛАМ О ЛЕСНЫХ ПРАВОНАРУШЕНИЯХ.

Исследования, о которых идет речь в статье, относятся к области юридической психологии и прокурорского надзора в сфере природопользования, защиты лесного ресурса от посягательств.

Ключевые слова: лесонарушения, защита природных ресурсов, психология деятельности прокурора, прокурор в гражданском процессе.

Krasnyakova Yu.V. PSYCHOLOGICAL ASPECTS OF PROFESSIONAL ACTIVITY OF THE PROSECUTOR CASES OF FOREST OFFENCES.

Studies reflected in this article relate to the field of legal psychology and public Prosecutor's supervision in the sphere of use of natural resources, protection of the forest resource from the attacks.

Key words: forest violations, the protection of natural resources, the psychology of activity of the Prosecutor, the Prosecutor in the civil process.

Колесникова А.А., Александрова Л.Г. РЕЗОНАНСНЫЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ ЛЕСОМАТЕРИАЛА ПО ЗОНАМ РАДИУСА.

Проводится анализ зависимости показателей свойств лесоматериала от времени сушки по разным зонам вдоль радиуса. Неразрушающий ультразвуковой метод является наиболее эффективным и рациональным для оценки показателей свойств лесоматериала.

Ключевые слова: древесина, ультразвуковой метод, зоны радиуса.

Kolesnikova A.A., Alexandrova L.G. RESONANCE PROPERTIES OF WOOD TIMBER ZONES FOR THE RADIUS.

The analysis of dependences of the properties of timber drying time in different zones along the radius. Non-destructive ultrasonic method is the most effective and efficient to estimate the properties of timber.

Key words: wood, ultrasonic method, radius zones.

Бърдаров Н. ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ НА АКУСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ.

Исследована древесина ели в виде натуральных и лакированных образцов с размерами поперечного сечения 15x15, 10x10 и 5x5 мм. Показано изменение резонансной частоты, динамического модуля упругости и акустической константы в зависимости от размеров образца и его плотности.

Ключевые слова: древесина ели, акустические свойства, резонансная древесина.

Bardarov N. THE INFLUENCE OF SOME FACTORS ON THE ACOUSTIC PROPERTIES OF WOOD.

Spruce wood in the form of natural and polished test pieces with dimensions of the cross section 15x15, 10x10 and 5x5 mm has studied. The frequency and amplitude of the main and additional resonances have measured. The basic acoustic properties of wood were defined.

Keywords: spruce wood, acoustic properties, resonance wood.

Харлов И.Ю., Постовалов Е.В. СОБСТВЕННЫЕ НУЖДЫ ГРАЖДАН В ДРЕВЕСИНЕ: ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЕ.

Обеспечение потребностей собственных нужд граждан Российской Федерации в древесине является отпуском древесины на корню, существовавшим до 2007 года. Нормативное регулирование заготовки древесины для собственных нужд граждан, осуществляемое в настоящее время субъектами Российской Федерации требует существенного пересмотра.

Ключевые слова: древесина, мелкий отпуск, договор купли-продажи, заготовка.

Harlov I.Yu. Postovalov E.V. OWN NEEDS OF CITIZENS IN WOOD: PROBLEMS AND THEIR DECISION.

Ensuring requirements of own needs of citizens of the Russian Federation in wood is wood holiday on a root, existing till 2007. Standard regulation of preparation of wood for own needs of the citizens, carried out subjects of the Russian Federation demands now essential revision.

Key words: wood, small holiday, purchase and sale contract, preparation.

Шалаев В.С., Рыкунин С.Н. ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОСОБЕННОСТЕЙ СУЧКОВАТОСТИ ПИЛОВОЧНОГО СЫРЬЯ ПРИ РАСКРОЕ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ.

В статье рассматриваются возможности использования неравномерности распределения сучков в пиловочном сырье при раскросе пиломатериалов на заготовки.

Ключевые слова: пиловочное сырье, пиломатериалы, заготовки, сучки, раскрой, выход заготовок.

Shalaev V.S., Рыкунин С.Н. ABOUT USE OF FEATURES OF DISTRIBUTION OF KNOTS OF WOOD RAW MATERIAL AT SAWING OF LUMBERS.

In article opportunities of use of uneven of distribution of knots in wood raw material are considered at sawing of lumbers on sawn blanks.

Key words: wood raw material, lumbers, sawn blanks, knots, sawing, an output of sawn blanks.

Глебов И.Т., Глебов В.В. КАСАТЕЛЬНАЯ СИЛА РЕЗАНИЯ ПРИ СТРОГАНИИ КРОМОК ФАНЕРЫ.

Сделан вывод уравнения для определения касательной силы резания кромок фанеры в диапазоне срезаемых микрослоев, приведены результаты экспериментальных исследований по строганию кромок фанеры, проведен сопоставительный анализ экспериментальных и расчетных данных, показавший удовлетворительный результат сходимости сопоставимых данных.

Ключевые слова: строгание кромок, фанера, сила резания, толщина срезаемого слоя.

Glebov I.T., Glebov V.V. TANGENTIAL CUTTING FORCE AT PLANING OF EDGES OF PLYWOOD.

Finding equations for determining tangential cutting forces of edges of plywood in the range of thin shavings, the results of experimental research on slicing of veneer edges, comparative analysis of experimental and calculated data with a satisfactory result of convergence of comparable data.

Key words: planing of edges, veneer, cutting force and chip thickness.

Кузнецов Е.Ю. ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАПРАВЛЯЮЩЕЙ В КРУГЛОПИЛЬНЫХ СТАНКАХ.

Статья посвящена проблеме повышения точности пиления древесины на круглопильных станках. Представлены результаты теоретических исследований отклонений круглых пил. Определены параметры системы управления электромагнитной направляющей путем экспериментальных исследований их взаимодействия с величиной отклонения круглой пилы. Разработаны регрессионные зависимости этого взаимодействия.

Ключевые слова: электромагнитная направляющая, параметры системы управления, круглая пила, отклонение, теоретические исследования, усилие притяжения, уравнения регрессии.

Kuznetsov E.Y. SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF CONTROL SYSTEM FOR ELECTROMAGNETIC GUIDE IN CIRCULAR SAW MACHINE.

The paper deals with a problem of increasing accuracy of circular saw machine. Results of theoretical investigations of displacements for circular saw are provided. Parameters of control system of electromagnetic guide resulting from the experimental investigations of their interaction with value of displacement of circular saw are defined. Regression equations this interaction are elaborated.

Key words: electromagnetic guide, parameters of control system, circular saw, displacement, theoretical investigations, lifting force, regression equations.

Черемных Н. Н. МЕТОДОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛЕСОПИЛЬНО-ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ В НАПРАВЛЕНИИ СНИЖЕНИЯ ШУМА.

В статье сформулированы требования с учетом особенностей отрасли к шумопонижающим устройствам в лесопильно-деревообрабатывающих производствах, получившие поддержку конструкторов, производителей оборудования, технологов и эксплуатационников отрасли.

Ключевые слова: шум, шумопонижение, шумозащитные функции, ограждающие устройства.

Cheremnykh N.N. THE METHODOLOGY OF THE COMPLEX DECISION OF TASKS OF PERFECTION OF THE EQUIPMENT AND TECHNOLOGICAL PROCESSES SAWING AND WOODWORKING INDUSTRIES IN THE DIRECTION OF THE NOISE REDUCTION.

Were formulated by the requirements of the peculiarities of the sector to the noise reduction devices in a wood-sawing production, have received support for designers and manufacturers of equipment, process engineers and operators of the industry

Key words: noise, noise reduction, noise protection function that protects the device.

Губанова Н.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОПИТКИ ДРЕВЕСИНЫ ЖИДКОСТЬЮ.

На базе технических моделей, технических характеристик жидких модификаторов, с учетом современных способов введения в древесину жидкости смоделирован процесс пропитки древесины сосны и древесины дуба, имея в конечном результате либо изменение структуры древесины, либо требуемое содержание модификаторов в древесине.

Ключевые слова: древесина, жидкость, модель, пропитка, сосуд, пора, давление, температура, время.

Gubanova N.V. THE WOOD'S IMPREGNATION WITH FLUID PROCESS MODELLING.

In this article the process of the pine and the oak impregnation was modelled into consideration the modern methods of the introduction a fluid into a wood. Ultimately, either the wood's structure or the modifier content in a wood were changed.

Key words: wood; fluid; model; impregnation; vessel; pore; pressure; temperature; time.

Липилин А.Б., Векслер М.В., Коренюгина Н.В., Морозов А.М., Кононов Г.Н., Косарев К.Л., Кудряшов А.В. ТОНКИЙ ПОМОЛ И СУШКА ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ В ВИХРЕВОЙ МЕЛЬНИЦЕ-НАГРЕВАТЕЛЕ.

В работе рассмотрена возможность использования высокоэффективного оборудования для получения тонкодисперсных порошков из отходов древесины. Описан принцип действия вихревой мельницы-нагревателя. Показано влияние конструктивных особенностей размалывающей гарнитуры на свойства получаемых продуктов.

Ключевые слова: измельчение, сушка, мельница-нагреватель, древесное сырье, паровой взрыв, лигнин.

Lipilin A.B., Vexler M.V., Korenyugina N.V., Morozov A.M., Kononov G.N., Kosarev K.L., Kudryashov A.V. Thin grinding and drying of timber in VORTEX mill-heater.

The paper deals with possibility of using of highly efficient equipment to produce finely dispersed powders from waste wood. Describes the principle of the vortex mill-heater. Shows the influence of the design features are grinding headset on the properties of the products.

Key words: grinding, drying, mill-heater, timber, steam explosion, lignin.

Федотов Г.Н., Шалаев В.С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ ВЫСУШИВАНИЯ– УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВ.

В статье рассмотрена коллоидно-химическая модель почв, которая позволяет лучше объяснить характер их взаимодействия с водой. Поясняются ее определенные достоинства. Подчеркивается главное из них: изменение представлений о механизме, обеспечивающем водостойкость почвенной структуры. Это позволяет целенаправленно подбирать модификаторы и способы их введения для улучшения структурного состояния почв.

Ключевые слова: коллоидно-химическая модель, почва, водостойкость.

Fedotov G.N., Shalaev V.S. USE OF COLLOIDAL-CHEMICAL MODEL FOR THE ANALYSIS OF PROCESSES OF SOIL DRYING-HUMIDIFYING.

The colloidal-chemical soil model is considered in this paper. Its certain advantages are explained. The main from them is emphasized: change of representations about the mechanism providing water stability of soil structure. It allows to select purposefully modifiers and ways of their introduction for improvement of a structural condition почв.

Key words: colloidal-chemical model, soil, water stability.

Афоничев Д.Н., Рыбников П.С. ОПТИМИЗАЦИЯ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ЛЕСОВОЗНЫХ УСОВ И ПОГРУЗОЧНЫХ ПУНКТОВ НА ЛЕСОСЕКАХ.

Представлен разработанный авторами алгоритм поиска оптимального положения лесовозного уса на лесосеке и размещения погрузочных пунктов для двух вариантов расположения трелевочных волоков по критерию

– суммарные удельные затраты на вывозку древесины по ветке, трелевку и устройство погрузочных пунктов. Варьируемый параметр – глубина пазухи со стороны магистрали. Результатом вычислительной процедуры являются значения параметров размещения лесовозного уса и погрузочных пунктов на лесосеке: глубина пазухи со стороны магистрали, глубина пазухи со стороны границы зоны тяготения магистрали, расстояние между погрузочными пунктами со стороны магистрали, расстояние между погрузочными пунктами со стороны границы зоны тяготения магистрали.

Ключевые слова: оптимизация, размещение, лесосека, пазуха, лесовозный ус, погрузочный пункт, суммарные удельные затраты

Afonichev D.N., Rybnikov P.S. OPTIMIZATION IN THE SYSTEM OF COMPUTER-AIDED DESIGN OF SPUR LOGGING ROADS AND LOADING POINTS PLACEMENT PARAMETERS IN THE LOGGING SITE.

The article presents the algorithm for determination of optimal spur logging roads and loading points placement in the logging site for two variants of skid trail positioning, based on the criteria of summarized timber skidding, transportation and loading points constructing cost per unit. Variable parameter is the depth of stump area in the way of the road. The results of the reaserch done are the parameters of spur logging road and loading points placement in the logging site: depth of stump area from the main logging road, depth of stump area on the side of road gravitation zone borderline, distance between the loading points on the side of the main road, distance between the loading points on the side of main road gravitation zone boderline.

Key words: optimization, placement, logging site, stump-area, spur logging road, loading point, cost per unit.

Рукомойников К.П. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОСОГЛАСОВАННОЙ РАБОТЫ КОМПЛЕКТОВ АДАПТИВНО-МОДУЛЬНЫХ ЛЕСНЫХ МАШИН.

Предметом исследования статьи является разработка алгоритма имитационной модели функционирования комплекта машин на базе модульного принципа компоновки энергетических и технологических модулей. Полученные результаты могут быть использованы для повышения эффективности освоения участков лесного фонда.

Ключевые слова: лесосечные работы, имитационная модель, модульный принцип компоновки, адаптивно-модульная лесная машина, технологическое оборудование, алгоритм, технологический запас древесины.

Rukomojnikov K.P. IMITATING MODELING OF WORK OF COMPLETE SETS OF ADAPTIVE – MODULAR WOOD MACHINES.

The subject-matter of the article is the development of algorithm of imitating model of functioning of a complete set of machines on the basis of a modular principle of configuration of power and technological modules. The received results can be used for increase of efficiency of development of sites of wood fund.

Key words: forest exploitation, imitating model, modular principle of assembly, adaptive – modular wood machines, process equipment, algorithm, technological stock of wood raw material.

Рукомойников К.П. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ К СОЗДАНИЮ РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ ПОКВАРТАЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ УЧАСТКОВ ЛЕСНОГО ФОНДА.

Предметом исследования статьи является описание программы для создания рациональной технологической карты проведения комплекса лесосечно-лесовосстановительных работ в квартале. Основное внимание статьи уделено вопросам прокладки транспортных путей в квартале при проведении на его территории работ по заготовке древесины и пересадке подроста, который может быть поврежден при рубке на уже освоенных участках.

Полученные результаты могут быть использованы для повышения эффективности освоения участков лесного фонда.

Ключевые слова: лесной квартал, алгоритм, подрост, рубка леса, лесовосстановление, транспортировка, трелевка, геоинформационная система, технологическая карта.

Rukomojnikov K.P. DEVELOPMENT OF THE SOFTWARE TO CREATION OF A RATIONAL CHART OF FOREST EXPLOITATION OF COMPARTMENT COMPLETELY.

The subject-matter of the article is the description of the program for creation of a rational chart of realization of a complex of cutting works and transplantation young growth in one quarter. The basic attention of the article is given to questions accommodation of transport ways in compartment at realization on its territory of cutting works and transplantation young growth which can be damaged in the already thin forest sites. The received results can be used for increase of efficiency of development of sites of wood fund.

Keywords: compartment, algorithm, young growth, catting, reforestation, transportation, skidding, geoinformation system, chart.

Ширнин Ю.А., Ширнин А.Ю. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ СИСТЕМ МАШИН ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ ТРЕЛЕВКЕ ДРЕВЕСИНЫ.

Рассмотрены технологическая схема и три варианта адаптивно-модульных систем машин для заготовки древесины при использовании комбинированной трелевки. Представлены математические модели и графики расчета энергозатрат при выполнении ими технологических операций.

Ключевые слова: энергозатраты, адаптивно-модульные машины, комбинированная трелевка.

Shirnin Yu.A. Shirnin A.Yu. MODELLING OF ENERGY CONSUMPTION OF SYSTEMS OF PRCARS TO THE COMBINED DELIVERY OF WOOD.

Considered the technological scheme and three variants of adaptive-modular systems of machines for wood harvesting with the use of combined skidding. We present the mathematical models and graphs of calculation of power consumption during the technological operations.

Key words: system of machines, energy consumption, adaptive-modular machines, combined skidding.

Клубничкин Е.Е., Макуев В.А., Клубничкин В.Е. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ ХОДОВОЙ СИСТЕМЫ МНОГООПЕРАЦИОННОЙ ЛЕСОСЕЧНОЙ МАШИНЫ.

Многооперационные лесосечные машины на гусеничном ходу во многих случаях более целесообразны по сравнению с колесными при использовании в различных почвенно-грунтовых условиях. Данная статья посвящена определению динамических нагрузок, возникающих в ходовой системе гусеничной многооперационной лесосечной машины на стадии проектирования, поскольку это позволяет путем выбора оптимальной массы машины, рациональной компоновки технологического оборудования, скоростного режима работы элементов технологического оборудования и машины в целом избежать перегрузок и тем самым увеличить долговечность машины.

Ключевые слова: технологическое оборудование, гусеничная машина, каретка, микропрофиль, неровность, масса, ходовая система.

Klubnichkin E.E., Makuev V.A., Klubnichkin V.E. DETERMINATION OF LOADING UNDER CARRIAGE MULTIOPERATIONAL LOGGING MACHINES.

Multioperational logging machines on tracks in many cases more appropriate than using the wheel in different soil conditions. This article is devoted to the determination of dynamic loads encountered in running track multistage system logging machine at the design stage, as it allows choosing the optimal weight machines, rational layout of process equipment, high-speed operation of elements of technological equipment and machinery in general avoid congestion and thereby increase the durability of the machine.

Key words: technological equipment; tracked vehicle; carriage; micro-lined; rough; weight; suspension system.

Павлов А.И. Лощенов П.Ю. СПОСОБ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ГИДРОЦИЛИНДРОВ ЛЕСНЫХ МАШИН В ФУНКЦИОНАЛЬНОМ РЕЖИМЕ.

В статье представлен способ диагностирования гидроцилиндров лесных машин в функциональном режиме, который дает представление о текущем техническом состоянии и остаточном ресурсе гидроцилиндров.

Ключевые слова: функциональный режим, гидроцилиндр, колебания давления жидкости, техническое состояние и остаточный ресурс, датчик давления.

Pavlov A.I. Loshenov P.Y. THE WAY OF DIAGNOSING OF HYDROCYLINDERS OF WOOD CARS IN THE FUNCTIONAL MODE.

In article the is presented way of diagnosing of hydrocylinders of wood cars in a functional mode which provides guidance on its current technical condition and a residual resource of hydrocylinders.

Key words: functional mode, the hydrocylinder, fluctuations of pressure of a liquid, technical condition and residual resource, the pressure gage.

Афанасьев А.С., Комаров Е.Г., Полушкин В.М. АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ ВИБРОУСТОЙЧИВОСТИ МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЛИНЕЙНОГО УСКОРЕНИЯ.

Представлен алгоритм контроля виброустойчивости микроэлектромеханических преобразователей линейного ускорения на основе определения статистических характеристик и видов законов распределения вероятностей нелинейностей параметров микроэлектромеханических преобразователей линейного ускорения в нормальных условиях и в условиях воздействия внешних факторов.

Ключевые слова: микроэлектромеханический преобразователь линейного ускорения, алгоритм, метод контроля, виброустойчивость, нелинейность, закон распределения вероятностей.

Afanasyev A.S., Komarov E.G., Polushkin V.M. ALGORITHMIC ENSURING CONTROL OF VIBROSTABILITY OF MICROELECTROMECHANICAL CONVERTERS OF LINEAR ACCELERATION.

The algorithm of control of vibrostability of microelectromechanical converters of linear acceleration on the basis of definition of statistical characteristics and types of laws of distribution of probabilities of not linearities of parameters of microelectromechanical converters of linear acceleration in normal conditions and in the conditions of influence of external factors is presented.

Key words: microelectromechanical converter of linear acceleration, algorithm, control method, vibrostability, nonlinearity, law of distribution of probabilities.

Лось А.Б. О ПРЕДЕЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЧИСЛА ДОСТИЖЕНИЙ ЗАДАННОГО УРОВНЯ ПРОЦЕССОМ СКОЛЬЗЯЩЕГО СУММИРОВАНИЯ.

Пусть $\xi_i(n) = X_i + \dots + X_{i+n-1}$ – процесс скользящего суммирования, $X_1, X_2, \dots, X_N, \dots$ – независимые, одинаково распределенные случайные величины, $p\{X_i = 1\} = p, p\{X_i = 0\} = q, p + q = 1$. В работе исследуется статистика

$$\eta_N(n, m) = \sum_{i=1}^{N-n+1} v_i(n, m),$$

где $v_i(n, m) = 1$, если $\xi_{i-1}(n) < m, \xi_i(n) = m$ и $v_i(n, m) = 0$ в противном случае. Получены достаточные условия сходимости указанной статистики к закону Пуассона и нормальному закону. Исследовано также предельное распределение статистики $\tau(n, m) = \min\{N|\eta_N(n, m) > 0\}$ – времени первого достижения заданного уровня m процессом $\xi_i(n)$.

Ключевые слова: скользящее суммирование, достижение заданного уровня процессом, закон Пуассона.

Los A.B. ON THE LIMIT DISTRIBUTION OF NUMBER ATTAINMENT GIVEN VALUE OF PROCESS OF MOVING SUMMATION.

Let $\xi_i(n) = X_i + \dots + X_{i+n-1}$ – process of moving summation, $X_1, X_2, \dots, X_N, \dots$ – independent equally distributed random variables, $p\{X_i = 1\} = p, p\{X_i = 0\} = q, p + q = 1$. In the paper we investigate the statistics

$$\eta_N(n, m) = \sum_{i=1}^{N-n+1} v_i(n, m),$$

where $v_i(n, m) = 1$ if $\xi_{i-1}(n) < m, \xi_i(n) = m$, else $v_i(n, m) = 0$. Convergence $\eta_N(n, m)$ to normal and Poisson distribution is proved. We also investigate statistics $\tau(n, m) = \min\{N|\eta_N(n, m) > 0\}$ – first time of attainment given value of process $\xi_i(n)$.

Key words: moving summation, the attainment given value of process, Poisson distribution.

Малолепшая Н.Э. НЕЧЕТКАЯ РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ЧАСТНОГО СЛУЧАЯ ИНТЕРВАЛЬНЫХ НЕЧЕТКИХ ЧИСЕЛ ВТОРОГО ТИПА.

В статье предлагается регрессионная модель для частного случая интервальных нечетких чисел второго типа, на основе метода наименьших квадратов. Предполагается, что неизвестные коэффициенты – треугольные нечеткие числа. Основная идея заключается в том, чтобы определить взвешенные отрезки для специального класса интервальных нечетких чисел второго типа, нижней и верхней функциями принадлежности которых являются треугольные числа, и меру близости между двумя нечеткими числами второго типа.

Ключевые слова: интервальные нечеткие числа второго типа, нечеткий регрессионный анализ, взвешенный отрезок.

Malolepshaya N.E. A FUZZY LINEAR REGRESSION MODEL FOR A SPECIAL CASE OF INTERVAL TYPE-2 FUZZY SETS.

This paper presents a regression model for a special case of interval type-2 fuzzy sets based on the least squares estimation technique. Unknown coefficients are assumed to be triangular fuzzy numbers. The basic idea is to determine aggregation intervals for triangular fuzzy numbers membership functions of whose are low membership function and upper membership function of interval type-2 fuzzy set and to determine an affinity measure for two interval type-2 fuzzy sets based on these intervals.

Key words: interval type-2 fuzzy sets, fuzzy regression, weighted interval.

Грязнов Я.А. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАНАЛОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ЗАДАННОЙ ДИСКРЕТНЫМ КАРКАСОМ ОБРАЗУЮЩИХ.

Рассмотрено два подхода к конструированию отсека каналовой поверхности, посредством преобразования пространства, расслаивающихся в пучке параллельных плоскостей, на эквиформные преобразования.

Ключевые слова: эквиформные преобразования, каналовая поверхность, математическая модель, образ, прообраз.

Gryaznov YA.A. MATHEMATICAL MODEL OF COMPARTMENT CANAL SURFACE, GIVEN THE DISCRETE FRAMED GENERATORS.

Two approaches to the design of the compartment canal surface by converting the space, segregating in a beam of parallel planes, the ekviformnye transformation.

Key words: ekviformnye transformation of canal surface, the mathematical model, image, preimage.

Усачев М.С., Дорошенко В.А. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ КОМПОНОВКИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ОЦЕНКОЙ СТРУКТУРНОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ И СЛОЖНОСТИ.

В данной статье предложено математическое описание компоновки распределенных систем управления в виде ориентированных графов и гиперграфов, и количественной структурной избыточности и сложности, с целью на ранней стадии компоновки оценить качество структуры системы с позиции системного подхода.

Ключевые слова: распределенная система управления, ориентированный граф, гиперграф, структурная избыточность, структурная сложность, матрица смежности, матрица инцидентности.

Usachev M.S., Doroshenko V.A. THE MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE LAYOUT OF DISTRIBUTED CONTROL SYSTEMS WITH THE ASSESSMENT OF STRUCTURAL REDUNDANCY AND COMPLEXITY.

This article is devoted to a mathematical description of the layout of distributed control systems in the form of oriented graphs and hypergraphs, and that of quantifying structural redundancy and complexity in order to estimate the quality of a system structure at an early stage, taking into consideration the systematic approach.

Key words: distributed control system, oriented graph, hypergraph, structural redundancy, structural complexity, adjacency matrix, incidence matrix.

Горячевский В.С. ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ КОНСТРУИРОВАНИЯ ОСИ ДИНАМИЧЕСКОГО ТРУБОПРОВОДА.

Решена задача гладкого сопряжения двух компланарных и скрещивающихся прямых соответственно дугами кривых второго порядка и кривой шестого порядка. При этом пространственная кривая шестого порядка строится как линия пересечения двух линейчатых поверхностей третьего и второго порядка. Плоский обвод второго порядка гладкости конструируется посредством квадратичных инволюций.

Ключевые слова: обвод, порядок гладкости, кремоновые преобразования.

Goryachevsky V.S. THE METHOD CONSTRUCTION OF AXIS DINAMICAL PIPELINE.

Solved the problem of smooth conjugation of two coplanar and skew lines, respectively, by the arcs of curves of second order and sixth-order curve. In this space curve of the sixth order is constructed as the intersection of two ruled surfaces of the third and second order. Planar bypass of the second order of smoothness is constructed to means of quadratic involutions.

Key words: bypass, order of smoothness, Cremona transformation.

Нарышкин А.А., Тюрин А.Е. ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ НЕОКОНСЕРВАТИВНОЙ МОДЕЛИ ЭКОНОМИКИ НА ПРИМЕРЕ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КЛАСТЕРА ФИНЛЯНДИИ.

В статье подробно рассмотрены принципы управления и развития лесного сектора Финляндии. Показаны преимущества и недостатки Скандинавской модели лесопользования и лесовосстановления. Предложены возможные направления сотрудничества Российского лесного сектора и финских лесных компаний с учетом накопленного опыта лесовладения и производства работ, связанных с лесоэксплуатацией и восстановлением лесных ресурсов.

Ключевые слова: лесопромышленный кластер, экономические отношения, торговые отношения, лесное хозяйство, лесоэксплуатация, лесовладение.

Naryshkin A.A., Tyurin A.E. PECULIARITIES OF NEOCONSERVATIVE MODEL OF ECONOMICS ON THE EXAMPLE OF THE INDUSTRIAL FORESTRY CLUSTER OF FINLAND.

The Scandinavian model of forest sector management and development is examined in detail in the article. The advantages and disadvantages of forest exploitation and regeneration are considered when this model is used. Possible directions of cooperation between the Russian forestry complex and Finnish companies are recommended using your experience in applying the Scandinavian model of forest exploitation, forest regeneration and forest ownership.

Key words: industrial forestry cluster, economic relations, Finland, Russia, forest exploitation, forestry, forest ownership.

Смирнов Д.А., Федотов А.А., Угрюмов С.А. ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ НА ОСНОВЕ ФУРАНОВЫХ ОЛИГОМЕРОВ.

Выполнен технико-экономический анализ реконструкции производства древесно-стружечных плит на частичный выпуск плит с использованием фуранового олигомера – фурфуролацетонного мономера ФА. Рассчитана калькуляция себестоимости продукции, рентабельность, инвестиционные затраты, срок окупаемости проекта.

Ключевые слова: композиционные материалы, древесно-стружечные плиты, фурановая смола, фурфуролацетонный мономер ФА, себестоимость, рентабельность, экономическая эффективность, срок окупаемости.

Smirnov D.A., Fedotov A.A., Ugrymov S.A. JUSTIFICATION OF ECONOMIC EFFICIENCY PRODUCTION OF PARTICLE BOARDS ON THE BASE OF FURAN OLIGOMERS.

The technical and economic analysis reconstruction of production of particle boards on partial release of boards using furan oligomer – furfural acetone monomer FA is made. Calculation of prime cost of production, profitability, investment costs, payback period of the project are calculated.

Key words: composite materials, particle boards, furan resin, furfural acetone monomer FA, prime cost, profitability, economic efficiency, payback period.

Шкляев Л.О., Трегуб А.В., Трегуб И.В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ КРЕДИТНОГО РИСКА ЭМИТЕНТА КОРПОРАТИВНЫХ ОБЛИГАЦИЙ НА РОССИЙСКОМ ДОЛГОВОМ РЫНКЕ.

Проведен анализ возможности применения классических моделей оценки кредитного риска эмитента корпоративных облигаций на российском долговом рынке. Проведенный анализ показал, что дискриминантные, сценарные и логит-модели могут быть применены для любого сектора экономики, применение структурных моделей будет целесообразно для телекоммуникационной сферы и энергетики, применение модели Ярроу – Турнбулла сильно ограничено, применение биномиальной модели возможно для эмитентов металлургической отрасли, телекоммуникационной сферы, транспортных услуг и ТЭКа.

Ключевые слова: кредитный риск, эмитент корпоративных облигаций, ликвидность рынка, эффективность рынка, дискриминантные модели, логит-модели, сценарные модели, структурные модели, модели упрощенной формы, показатель Херста.

Shklyayev L.O., Tregub A.V., Tregub I.V. THE COMPARATIVE ANALYSIS OF MODELS OF THE ESTIMATION OF THE CORPORATE BONDS ISSUER CREDIT RISK IN THE RUSSIAN DEBT MARKET.

The analysis of possibility of application of classical models of an assessment of credit risk of the issuer of corporate bonds in the Russian debt market is carried out. The carried-out analysis showed that discriminant, scenario and a logit – models can be applied to any sector of economy, application of structural models will be expedient for the telecommunication sphere and power, application of model of Yarrow – Turnbulla is strongly limited, application of binomial model is possible for issuers of metallurgical branch, the telecommunication sphere, transport services and energy industry.

Key words: credit risk, the corporate bond issuer, market liquidity, market efficiency, the discriminant models, the logit models, the scenario models, the structural models, the reduced form models, Hurst Exponent indicator.

Иванов Г.С., Охотников Д.В., ИССЛЕДОВАНИЕ ТОВАРО- И НЕКТАРОПРОДУКТИВНОСТИ ЛИПНЯКОВ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

Показывается существование тесной связи между товарной и нектарной продуктивностью липняков регрессионно-корреляционным анализом с целью определения возраста главной рубки.

Ключевые слова: товарная продуктивность, нектарная продуктивность, регрессионно-корреляционный анализ.

Ivanov G.S., Ohotnikov D.V. RESEARCH OF COMMODITY – AND NECTAR PRODUCTIVITY OF LINDEN WITH METHODS OF MATHEMATICAL STATISTICS.

The close link between commodity– and nectar-productivity of linden is shown with the help of regression – correlation analysis to find out the main cutting age.

Key words: commodity productivity, nectar productivity, the regression-corelation analysis.

Чувашев А.П., Иванов Г.С. К ОБОСНОВАНИЮ ПОСТАНОВКИ КУРСА «ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОМЕТРИЯ».

Дается обоснование необходимости постановки интегрированного курса «Инженерная геометрия» с целью общегеометрического уровня студентов технических вузов.

Ключевые слова: инженерная геометрия, многомерное пространство, линейная алгебра, начертательная геометрия.

Chuvashhev A.P., Ivanov G.S. TO THE JUSTIFICATION SETTINGS THE COURSE “ENGINEERING GEOMETRY.

Rationale of the necessary for settings the integrated course “Engineering Geometry” in order to increase the general geometry level of students at technical universities is given.

Key words: engineering geometry, multi-dimensional space, linear algebra, geometry, mathematics.

Шимон Т.Н., КОНВЕРГЕНЦИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА НА ВСЕХ УРОВНЯХ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ.

Рассмотрены вопросы формирования экологического сознания на основе использования оптимального сочетания экологической составляющей и навыков экономического анализа и оценки взаимодействия в системе «человек–природа» для повышения эффективности образовательного процесса на всех уровнях профессиональной подготовки специалистов и руководителей различной отраслевой принадлежности.

Ключевые слова: экологическое сознание, экологическое образование.

Shimon T.N., CONVERGENCE OF ECONOMIC KNOWLEDGE AND ENVIRONMENTAL CONSCIOUSNESS FOR IMPROVEMENT OF THE EDUCATIONAL PROCESS AT ALL LEVELS OF PROFESSIONAL TRAINING.

The problems of formation of ecological consciousness on the basis of an optimum combination of the environmental component and the skills of economic analysis and evaluation of interactions in the «man-nature» to enhance the educational process at all levels of training specialists and executives of various industry sector.

Key words: ecological consciousness, ecological education.

Ридигер О.Н. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ: СЕМЬЯ И ШКОЛА В ЛЕСНОЙ РЕКРЕАЦИИ.

Данное исследование объединяет проблемы школы, семьи и лесной рекреации. Разнообразные образовательные и культурные технологии служат для расширения образовательного пространства школы, привлечения родителей в образовательный процесс .

Ключевые слова: лесная рекреация, инновационные технологии.

Ridiger O.N. OF FAMILY AND SCHOOL ECOLOGICAL EDUCATION IN FOREST RECREATION.

This study combines the problems of school, family and. A variety of cultural and educational technologies is aimed to enhance school educational environment and include of parents into the educational process.

Key words: forest recreation, innovative technologies.



XIV ОТКРЫТЫЙ ТУРНИР ПО САМБО НА ПРИЗЫ ЧЕМПИОНА СССР ЗУБАЙРАЕВА С.Л.

12 мая 2013 года Стадион «Строитель» УСЗ «Спорт-Центр» г. Мытищи

Супьян Лечиевич Зубайраев известен любителям спортивных единоборств. Мастер спорта по вольной борьбе, почетный мастер спорта по борьбе самбо. Проведение турнира – это дань уважения нашему славному земляку и до конца преданному любимому виду спорта человеку.

Родился Супьян 12 мая 1933 г. в Чечено-Ингушетии в дружной семье Марьям и Лечи Зубайраевых. Он был первенцем в семье, и это тоже наложило особую ответственность на Супьяна.

В тяжелые годы Великой Отечественной войны семья Зу-

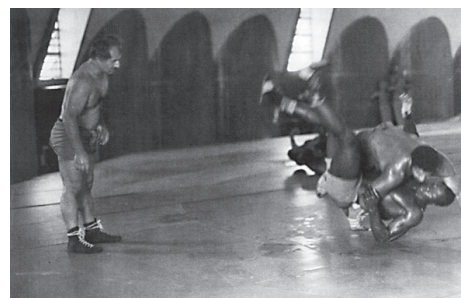
байраевых оказалась в Алма-Ате. Все это не сломило, а во многом укрепило юного подростка в желании противостоять тяжелым обстоятельствам, воспитать твердый характер и волю.



Любимым занятием Супьяна с братьями в Алма-Ате был спорт. Турник, борьба на лужайке перед домом, подвижные игры, мяч - вот тот фундамент, который помог Супьяну и его братьям в дальнейшей жизни.

Уже в 7-м классе Супьян становится чемпионом школы по гимнастике! Спортивный, разносторонне развитый парень обратил на себя внимание не только физрука школы Ивана Пантелеевича Колесникова, но и большого знатока борьбы самбо, чемпиона Москвы, Василия Ивановича Воронкина. Именно он разглядел в этом угловатом мальчишке незаурядный спортивный талант.

Вскоре окончена школа. В 1954 году Супьян становится студентом Казахского государственного института физической культуры, а затем по совету своего тренера Воронкина В.И. переводится в ГЦОЛИФК (Государственный центральный ордена Ленина институт физической культуры).





Перед переездом в столицу Зубайраев успел стать чемпионом института по вольной и классической борьбе, чемпионом Казахстана по борьбе самбо.

В институте физкультуры Сурьян тренируется под руководством большого мастера борьбы самбо, профессора, заслуженного мастера спорта Евгения Михайловича Чумакова. Его стараниями шлифовались грани спортивного мастерства Сурьяна.

1960–1963 гг. приходит пора спортивной зрелости и расцвета мастерства Зубайраева и награда за многие годы упорных тренировок и соревнований.

И вот наступил «звездный» час Сурьяна, мечта, которая так и остается для многих спортсменов несбыточной. В 1962 г. под сводами Кишиневского дворца спорта впервые на высшую ступень пьедестала почета поднялся чемпион Советского Союза Сурьян Зубайраев. В его весовой категории подобрались широко известные

и сильные борцы: четырехкратный чемпион СССР Е. Глориозов, В.Кравченко, А. Пухашвили, Б. Климович, С. Читашвили.

После этой победы Сурьян Лечиевич стал почти полностью отдаваться научной и педагогической работе. Команда студентов Московского лесотехнического института под его руководством становится чемпионом Московской области РСФСР среди студентов и неоднократным призером ЦС «Буревестник».

С 1971 по 1974 год – он заведующий кафедрой Кабульского политехнического института в Афганистане, а в 1977 г. начинает тренировать сборную Кубы по вольной борьбе.

Быстротечно время... Стремительный поток жизненной реки уносит нас в воспоминаниях все дальше и дальше к событиям его тренерской деятельности.



Младшие братья и любимые ученики подхватили его эстафету, среди них особенно хочется отметить мастеров спорта, чемпионов России и призеров Союза: заслуженного тренера СССР Багаева Д.И., члена-корреспондента, профессора, зав. кафедрой РУК Тищенко И.И., доцента МГУЛ Пикулю В.Н., д.т.н. академика МГУЛ Бирюкова В.Г., Заднепровского В.Ф., Комарова В.В., Батаева С.А., Шаронова А.В., Алещева А.А., Умарова М.К., Попова Н.П. Суворкина Г.В., Тарычева Н.А. и многих-многих других.

Сегодня Сурьян Лечиевич и Оргкомитет желает всем участникам счастья на тернистом спортивном пути!

«Бороться и побеждать» – девиз всей жизни Сурьяна Лечиевича и нашего турнира.

Старший преподаватель каф. физической культуры и спорта М.М. Умаров